



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

ENERGY INSTITUTE

**BILANCE ENERGETICKY VYUŽITELNÝCH ODPADŮ**

BALANCE OF ENERGY RECOVERY WASTE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Jan Ravný

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.

**BRNO 2018**



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Jan Rovný**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Energetika, procesy a životní prostředí  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.**  
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Bilance energeticky využitelných odpadů**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Využívání odpadů pro energetické účely je jedním z hlavních téma české energetiky. Odpad jako druhotný zdroj energie se jeví jako optimální doplněk palivového mixu – šetří se primární palivo, snižuje se množství skládkovaného odpadu a z něj plynoucí ekologickou zátěž. Na druhou stranu se spalováním odpadů uvolňují velmi nebezpečné látky a snaha o maximální využití může vést k nižší motivaci separace využitelných složek odpadů. Práce se bude zabývat energetickou využitelností skládkovaného odpadu.

### **Cíle bakalářské práce:**

- rešeršní přehled vlastností odpadu s ohledem na vlastnosti paliv
- bilance odpadů v ČR
- bilance energeticky využitelných odpadů

### **Seznam doporučené literatury:**

TCHOBANOGLIOUS, George, Hilary THEISEN a Samuel A. VIGIL. Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. New York: McGraw-Hill, c1993. ISBN 00-706-3237-5.

BALÁŠ, Marek. Kotle a výměníky tepla. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4770-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Způsob, jakým je nakládáno s odpady je dlouhodobě aktuální a citlivé téma, zejména v souvislosti s energetickým využívání (směsných) komunálních odpadů. I přes velmi variabilní složení a vlastnosti jsou právě komunální odpady po homogenizaci potenciálně výhřevné palivo, které šetří primární zdroje energie a díky efektivním systémům čištění spalin jsou šetrné k životnímu prostředí. V České Republice je stále velké množství komunálních odpadů skládováno, avšak existují efektivnější způsoby zpracování – recyklace, kompostování a energetické využití. Cílem této práce je analyzovat vlastnosti komunálních odpadů jako paliva, srovnat metodiky statistického měření z různých zdrojů a následně objektivizovat bilanci odpadů v ČR. Posledním cílem práce je rešerše zařízení na energetické využití odpadů – ZEVO v ČR, respektive popsání bilanci energeticky využitelných odpadů v těchto zařízeních.

### Klíčová slova

Odpad, komunální odpad, produkce, energetické využití odpadů, spalování, zařízení na energetické využití odpadů – ZEVO, spalovna

## ABSTRACT

The way waste is handled is a topical and sensitive issue on a long-term basis, especially in connection with the energy use of (mixed) municipal waste. Despite the very variable composition and properties, municipal waste is after homogenization a potentially energy efficient fuel that saves primary energy sources and thanks to efficient flue gas cleaning systems is environmentally friendly. There is still a large amount of municipal waste in the Czech Republic, but there are more efficient ways of processing – recycling, composting and energy utilization. The aim of the thesis is to analyze the properties of municipal waste as a raw material, to compare the methodology of statistical measurement from various sources and then to objectify the balance of waste in the Czech Republic. The last aim is the search of waste energy recovery facilities in the Czech Republic and describe balance of energy-using waste in these facilities.

### Key words

Waste, municipal waste, production, waste to energy, incineration, waste recovery facilities, incineration plant

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ROVNÝ, J. *Balance energeticky využitelných odpadů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 65 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D..

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Bilance energeticky využitelných odpadů** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 25.5.2018

.....  
Jan Rovný

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto doc. Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce. Dále bych chtěl poděkovat RNDr. Janě Suzové, Ing. Tomáši Balochovi, Ing. Pavlu Vinklárkovi a Ing. Petru Veselému za poskytnuté informace týkající se příslušných zařízení na energetické využití odpadů.



## Obsah

Úvod .....	11
1    Legislativa odpadového hospodářství .....	12
1.1    Pojem odpad .....	12
1.2    Katalog odpadů .....	13
1.3    Hierarchie nakládání s odpady .....	13
1.3.1    Předcházení vzniku odpadu .....	14
1.3.2    Příprava k opětovnému použití .....	14
1.3.3    Recyklace .....	14
1.3.4    Jiné (energetické) využití .....	15
1.3.5    Odstranění .....	15
2    Vlastnosti odpadu .....	17
2.1    Odpad jako palivo .....	17
2.1.1    Vlastnosti komunálního odpadu v místě a v čase .....	19
2.1.2    Spalovenský kotel .....	20
2.2    Vlastnosti nebezpečných odpadů .....	21
3    Technologie termochemické přeměny odpadů – spalováním .....	23
3.1    Přímé spalování tuhého odpadu .....	23
3.1.1    Spalovací proces v ZEVO .....	23
3.1.2    Zpracování tuhých zbytků .....	25
3.1.3    Čištění spalin .....	25
4    Další technologie využití odpadů .....	27
4.1    Pyrolýza .....	27
4.2    Zplyňování .....	28
4.3    Skládkový plyn .....	29
4.4    Mechanicko-biologická úprava .....	30
5    Balance odpadů v České Republice .....	31
5.1    Celková produkce odpadů .....	33
5.2    Podnikový odpad .....	34
5.3    Odpady z obcí – komunální odpad .....	36
5.4    Nakládání s odpady .....	37
5.5    Balance odpadů v krajích .....	40

---

6	Bilance odpadů v Evropě .....	42
7	ZEVO v České Republice .....	45
7.1	ZEVO Brno.....	45
7.2	ZEVO Praha .....	47
7.3	ZEVO Liberec .....	48
7.4	ZEVO Plzeň.....	48
7.5	Budoucnost ZEVO v ČR .....	49
8	ZEVO ve světě .....	51
	Závěr.....	54
	Seznam použitých zdrojů .....	56
	Seznam použitých zkratk.....	64

## Úvod

Odpady jsou nedílnou součástí lidské činnosti již od pradávna. Dříve byly využívány suroviny téměř výhradně přírodního původu, a tedy vznikající odpady podléhaly přirozené degradaci. Se vzrůstajícím trendem vyžívání syntetických materiálů se začaly objevovat odpady, jejichž rozklad trvající desítky let zatěžuje neúnosnou měrou životní prostředí. Nejedná se pouze o umělé materiály, ale i absolutní množství veškerého vyprodukovaného odpadu, mimo jiné kvůli prudkému nárůstu populace. Následkem zvyšující se produkce odpadů a jejich kumulace, je stále naléhavější otázka, jak s odpady nakládat. Nejjednodušším a nejlevnějším způsobem je skládkování odpadu, které je, i přes nepříznivý dopad na lidské zdraví a životní prostředí, v České Republice stále dominantní. Avšak současné tendence spějí zejména k recyklaci. Nicméně, ne všechny suroviny lze opětovně využít a na řadu přichází zmíněné skládkování nebo energetické využití. Právě energetické využívání odpadů, i přes nevoli některých skupin obyvatel, je jedna z cest, kam by se moderní energetika mohla ubírat. Nejenže takto zpracovaný odpad uvolňuje místo na skládkách, hygienizuje se a zbytečně nezatěžuje životní prostředí, ale lze z něho získat i elektrickou a tepelnou energii. Sekundárním produktem jsou suroviny vhodné ke stavebním účelům. Zařízení na energetické využití odpadů jsou opatřena velmi důkladným a efektivním čištěním spalín, že se vyrovnávají téměř bezemisnímu spalování zemního plynu.

Tato bakalářská práce popisuje základní legislativní poznatky, vztahující se k problematice odpadů zahrnující zákon o odpadech, definice pojmů, hierarchie nakládání s odpady a Katalog odpadů. Dále se v práci řeší základní vlastnosti odpadu, jako je výhřevnost a materiálové složení. Nemalá pozornost je věnována způsobům nakládání s odpady. V další části práce lze získat informace o základních problémech statistiky odpadů a jejich bilance, ve smyslu produkce a využití v České Republice. Na závěr práce pojednává o bilanci energeticky využitelných odpadů v zařízení na energetické využití odpadů – ZEVO.

## 1 Legislativa odpadového hospodářství

Odpadové hospodářství je v české legislativě definováno jako „činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností“, přičemž cílem těchto činností je plnit Plán odpadového hospodářství ČR (POH ČR), platným mezi lety 2015–2024. Jedná se tedy o strategii státu, krajů a obcí k dosažení cílů při hospodaření se vzniklými odpady. [1] [2]

Historicky se odpadovým hospodářstvím začali zabývat průmyslově a ekonomicky vyspělé země v 80. letech 20. století v reakci na zvyšující se produkci odpadů spojenou s rostoucí populací, a následně kladenou otázkou, jak a kde se vzniklými odpady nakládat. Česká Republika roku 1991 na tuto problematiku reagovala prvním zákonem o odpadech. V současnosti platí zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů vydaný v roce 2001. Ten zpracovává předpisy Evropské unie a seznamuje osoby a orgány podnikající v odpadovém hospodářství s dodržováním hierarchie nakládání s odpady s ohledem na ochranu životního prostředí a lidského zdraví. Zákon se vztahuje na všechny odpady obsažené v Katalogu odpadů s jistými výjimkami jako jsou např. odpadní vody, radioaktivní odpad, exkrementy, mrtvá těla zvířat, vyražená střeliva atd.[1] [3]

Zákonů a vyhlášek regulujících nakládání s odpady existuje krom zákona o odpadech celá řada. Za zmínku stojí zejména zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů a zákon číslo 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů a vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů.

V současnosti ministerstvo životního prostředí připravuje novelu zákona o odpadech, která by mj. měla v jedné ze svých částí upřesňovat a pozměňovat pravidla pro odpadové hospodáře v oblasti skládkování a provozování zařízení na energetické využití odpadů. Zákon k roku 2018 stále neprošel vládou ani sněmovnou, ačkoliv se o něm diskutuje již dlouho a je zásadní pro odpadové hospodáře, případně nové investory v odpadovém hospodářství. [4]

### 1.1 Pojem odpad

K definici pojmu odpad se vyjadřuje § 3 zákona o odpadech, kde je definován jako „každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se ji zbavit“. Paragraf dále vymezuje, kdy se věc stává odpadem, kdy jím být přestává, kdy ho odstranit, jaký je rozdíl mezi odpadem a vedlejším produktem atd.[1]

Odpady lze obecně rozdělit na ty, které vznikají na území obce činností fyzických osob – občanů (tzn. komunální odpady), a na ty, které vznikají při službách a při výrobní činnosti (tzn. podnikové odpady). Ve výrobní sféře vznikají krom specifických odpadů z výroby, také odpady z běžné, nevýrobní činnosti lidí (zaměstnanců, zákazníků, ...). V této souvislosti jsou podle Katalogu odpadů klasifikovány jako *odpady podobné komunálním odpadům* a započítává se zde i odpad ze škol, úřadů, hřbitovů apod. Vzhledem k srovnatelným vlastnostem s běžnými KO je s nimi nakládáno stejně (např. ve spalovnách komunálního odpadu). I přesto už jen rozdíl těchto pojmů dělá problémy minimálně při nesrovnalostech ve statistickém zjišťování. Bylo by tedy vhodné, kdyby nový zákon pojmy upřesňoval, respektive je sjednotil. [5] [6]

Samotný komunální odpad, který je na všech frontách velmi diskutovaný a pro energetické účely stěžejní, v sobě zahrnuje několik druhů: směsný komunální odpad – SKO, objemný

odpad, tříděný odpad (sklo, plast, papír, kovy, nekovy), kompostovatelný odpad, elektrospotřebiče a další. [5]

Do významné skupiny pojmů patří *nebezpečný odpad*. Za takový se považuje odpad obsahující alespoň jednu nebezpečnou vlastnost uvedenou předpisy Evropské unie. Jedná se tedy o výbušniny, kyseliny, chemikálie, motorové oleje, akumulátory atp. Při nakládání s těmito odpady je zapotřebí specifických požadavků, ať už se jedná o jejich přepravu nebo přímo o likvidaci. [1] [7]

Neméně důležitý pojem je tzv. *vedlejší produkt*, tedy materiál vznikající při výrobě primární suroviny, jehož další využití je zajištěno bez zásadní úpravy, zároveň nevykazuje nebezpečné vlastnosti a plní všechny další nutné podmínky k dalšímu využití. [1]

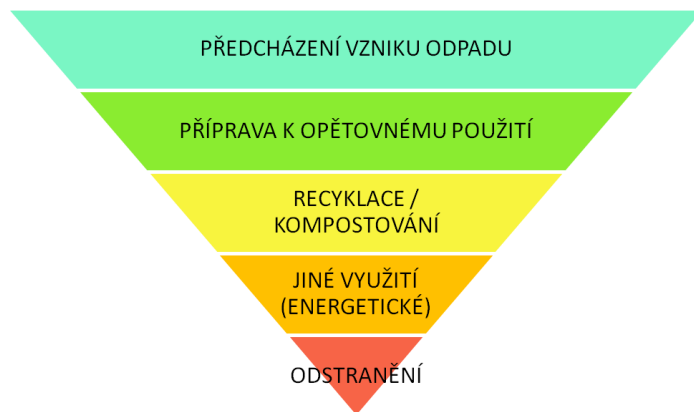
## 1.2 Katalog odpadů

Díky vyhlášce č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů (dále jen „Katalog“), která je vztažena k zákonu o odpadech, jsou původci odpadů nebo oprávněné osoby schopni identifikovat do jaké skupiny, podskupiny a druhu zařadit konkrétní odpad. Zařazování probíhá podle odvětví, oboru nebo technologického procesu, v němž odpad vzniká. Základní rozdělení odpadů v Katalogu je na odpady nebezpečné „N“, které se označují hvězdičkou „\*“ (např. 02 01 08\*), a ostatní „O“. [8] [9]

Katalog ukládá i povinnost původci odpadů, které jsou komunální nebo podobné komunálnímu, vytrdit z něj nebezpečné a využitelné složky. Zbylé složky se dále příslušně odstraní nebo využijí pod katalogovým číslem pro směsný komunální odpad (20 03 01). Ten je spolu se zpracovaným objemným odpadem (20 03 07) a dalšími odpady ze skupiny 20 (komunální odpady) hlavními složkami při energetického využití odpadů – EVO. Další takto využitelné složky jsou výměty z dotřídovací linky (19 12 12). [8]

## 1.3 Hierarchie nakládání s odpady

Hierarchie nakládání s odpady je systematický způsob nakládání s odpady, pro co nejvhodnější využívání, zpracování a odstranění, s ohledem na zdraví společnosti a životního prostředí. Účelem je zvýšit šetření se surovinami, a tedy omezit vznik odpadů. Styčníky hierarchie nakládání s odpady jsou seřazeny od nejlepšího po nejhorší: předcházení vzniku odpadu, znovupoužití, recyklace a kompostování, jiné využití (energetické) a odstranění. [10] [11]



Obrázek 1.1 Hierarchie nakládání s odpady [11]

### 1.3.1 Předcházení vzniku odpadu

Největší důraz při nakládání s odpady se klade na předcházení jeho vzniku, to počítá s omezováním množství odpadů a zbavením se nebezpečných vlastností materiálu (např. u obalů). Právě přecházení vzniku má vliv na celou hierarchii, protože čím méně je odpadu produkováno, tím menší je pak jeho dopad na životní prostředí a lidské zdraví, a odpadají starosti s jeho dalším nakládáním (náklady, energie). Řešením redukce může být např. delší využívání a životnost věcí, vyšší trvanlivosti surovin, ekologičtější balení, menší objemy materiálů atp. Tyto faktory jsou ovlivněny původci odpadu, tedy domácnostmi, průmyslem a trhem. [10] [11]

Vzhledem k stále rostoucí populaci a zvyšující se úrovni, respektive konzumnímu způsobu života se však jeví toto řešení do jisté míry nereálné, je proto třeba se zaměřit spíše na nižší úroveň hierarchie, jako je recyklace a energetické využití.

### 1.3.2 Příprava k opětovnému použití

Opětovné použití surovin je úzce spojeno s předcházením vzniku odpadu a recyklací. V této fázi se využívá produktu nebo jeho části k účelu, kterému sloužil, nebo k účelu novému. Jedná se obecně o věci (např. nábytek, knihy, textil), jenž ztratily pro původního majitele hodnotu, proto se místo likvidace nabízí efektivnější možnost prodeje, opravy nebo darování. Řada organizací se problematikou tzv. „re-use“ (opětovného použití) zabývá a věnují se sběru, opravám a prodeji starých věcí. [12]

### 1.3.3 Recyklace

Recyklace, zahrnující i kompostování biologicky rozložitelných odpadů, je v ČR, ale i v Evropě velmi moderní a prosazovanou metodou nakládání s odpady ze strany států i ekologů. Legislativou je recyklace popsána jako „*jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní nebo jiné účely jejich použití*“. Je třeba mít na paměti, že tato metoda nezahrnuje využití zpracovaného materiálu jako paliva při energetickém využití nebo jako zásypový materiál ve stavebnictví. Neměly by se také zaměňovat pojmy recyklace s opětovným použitím, protože opětovné použití pracuje s produktem nebo jeho částí, oproti tomu recyklace pracuje s materiálem. [1]

Recyklovat lze jak podnikový odpad (stavební suť), tak i komunální odpad, o kterém se hovoří nejčastěji. Separovat z komunálního odpadu lze především: papír, plast, sklo, hliník a kovy (železo, ocel). Recyklace pomáhá odlehčit požadavkům poptávky a snižuje množství odpadů končících na skládkách, je ale závislé na aktivitě občanů. [10]

Fáze recyklace jsou [10]:

1. Sběr a separaci různých materiálů z odpadu;
2. Příprava materiálů pro znovupoužití, přepracování, opětovnou výrobu;
3. Znovupoužití, přepracování, opětovnou výrobu těchto materiálů.

Ne všechny materiály lze ale recyklovat donekonečna, zejména u plastů je to zásadní překážka. Přestože trh nabízí rozmanitou škálu plastových materiálů, jen zlomek z ní je možné znovu zpracovat. Jeden ze zdrojů dokonce udává, že se v Evropské unii v roce 2014, kdy se celkově recyklovalo 45 % odpadů, nedalo znovu využít až 70 % z tohoto množství [13]. Z Evropy se zároveň exportují odpady, zejména separované plasty, do rozvojových zemí, kde se sice zpracovávají, následně však často končí na ilegálních skládkách či v oceánech, kde narušují

ekosystém (např. formou plastových ostrovů). Nicméně, hlavní odběratel separovaných plastů, Čína, ukončuje spolupráci s evropskými zeměmi a dává jim tak prostor pro efektivnější nakládání s odpady. [14] [15]

#### 1.3.4 Jiné (energetické) využití

Ve chvíli, kdy nelze materiál ani produkt jinak využít, přichází na řadu využití odpadu, nejčastěji za účelem zisku energie v podobě tepla a elektřiny. Mezi způsoby takového využití lze uvést výrobu paliv z odpadů nebo provoz bioplynové stanice. V těch se sbírá uvolněný, na methan bohatý, plyn z biologicky rozložitelných složek. Avšak při zpracování odpadů (komunálních, podnikových, nebezpečných) má zásadní význam jejich spalování, nejčastěji probíhající v zařízeních na energetické využití odpadů – ZEVO. Cílem procesu v ZEVO je redukce hmotnosti a objemu odpadu – a tím zvýšení kapacity skládek, zisk využitelných tuhých zbytků po spalování (škvára, popílek), především se ale získá pára k výrobě tepelné a elektrické energie. Nutné je dbát i na rozdíl mezi energetickým využitím odpadů a spalováním bez energetického využití. K tomuto posouzení slouží výpočet tzv. energetické účinnosti<sup>1</sup>. [5] [10]

Využívání odpadů, ať už energeticky či jinak, má velký vliv na šetření primárních zdrojů energie, ochranu životního prostředí (prevence skládkování) a zdraví (hygienizace odpadu). Vzhledem k tomu, že produkce odpadů s populací neustále roste, a není možné všechno recyklovat nebo skládkovat, jeví se energetické využití jako nezbytné řešení. Zároveň by zařízení na energetické využití nemělo sloužit pouze k výrobě energie, ale mělo by disponovat i recyklační linkou, aby byla co nejlépe dodržována hierarchie nakládání s odpady. Musí se však dohlížet na to, aby se takto využíval pouze materiálově dále nevyužitelný odpad, a tak nevznikaly uměle vyvolané podmínky nahrávající těmto zařízením např. v umělé výrobě paliva nebo dovozu z příliš vzdálených lokalit (spalování paliva transportu). To však přímo nebrání přeshraniční přepravě odpadů.

Při budování ZEVO je třeba rozmyslet nad ekonomickými, procesními a technologickými záležitostmi. Konkrétně třeba nad toky odpadů, velikostí zařízení a logistikou spojenou s jeho dopravováním... [16]

V České Republice zatím nejsou stanoveny příliš vhodné podmínky pro taková zařízení, kvůli stále nepříznivé legislativě a s tím spojeným nezájem investorů budovat nové spalovny bez finanční podpory. Navíc ani EU momentálně nechce tyto zařízení finančně podporovat. Důvodem může být větší apel na recyklaci a četnost ZEVO v západní Evropě. Lepší podmínky pro energetické využívání odpadů by v ČR mohl napravovat nový zákon o odpadech. Největšími odpůrci spaloven jsou skládkaři a ekologické organizace. Ty mohou podávat neúplné nebo dokonce klamné údaje, dehonestující tyto provozy. Zaujaté informace však mohou podávat i odpadoví hospodáři, a je tedy nutné, aby si občané dokázali ověřovat fakta. [17] [18]

#### 1.3.5 Odstranění

V nejzazším případě, kdy s odpadem nelze smysluplně nakládat, je nutno ho odstranit na skládku odpadů. Skládkování probíhá u materiálů již nerecyklovatelných a nevyužitelných, u zbytkové hmoty oddělené v zařízeních na zpracování tuhých odpadů a u zbytkové hmoty po zpětném získání produktů nebo energie konverzí. Existují dva způsoby skládkování. Buď nad

---

<sup>1</sup> Energetické využití při nakládání s odpady má účinnost alespoň 65 %



povrchem země, nebo pod zemskou kůrou, což zahrnuje i skládkování pod hladinou oceánů. [10]

Skládky mají velmi negativní vliv na životní prostředí. Obsahují nebezpečné látky, které při vyluhování ohrožují spodní vody, proto musí být zhotoveno vhodné zdivo a podložky se systémy sběru a odvodu výluhu skládky. Dále zde probíhají hnilobné procesy, v jejichž důsledku se uvolňují plyny, zejména methan ( $\text{CH}_4$ ), přispívající ke skleníkovému efektu. Řešení je odsávání uvolněných plynů a jejich následné využití v kogenerační jednotce<sup>2</sup> nebo odstranění spaláním. Proces skládkování je přes všechna úskalí nezbytným, a o to víc důležitým způsobem nakládání s odpady. Pokud skládky vzniknou, musí být zajištěna dlouhodobá a bezpečnostní opatření, aby docházelo k co nejmenšímu poškozování životního prostředí a zdraví. Rizikem jsou zejména nekontrolované ilegální skládky. [10]

V současnosti je v ČR skládkování nejběžnějším a nejlevnějším způsobem nakládání s odpady. Česká Republika ukládá na skládky zhruba 50 % vyprodukovaného odpadu, což ji posouvá na přední místa skládkování v Evropě. Tuzemsko se snaží zbavit této reputace, proto se v chystaném zákoně o odpadech připravuje ke zvýšení poplatků za skládky, a k roku 2024 chce skládkování recyklovatelných, směsných komunálních, energeticky<sup>3</sup> využitelných odpadů zakázat. S tím budou spojeny vyšší poplatky za ukládání biologicky rozložitelných komunálních odpadů na skládky (BRKO), což je vlastně energeticky využitelná nebo kompostovatelná frakce. To bude mít pravděpodobně za následek nově vyměřené poplatky za popelnice v neprospěch občanů, protože skládkový poplatek platí firmy a obce. Tento krok má vést k vyššímu podílu recyklace a energetického využití, které nízké poplatky za skládkování brzdí. [18] [19] [20]

Cíl redukce skládek má i Evropská unie, která chce nejpozději do roku 2035 omezit ukládání na skládky na 10 %, energeticky využívat 25 % a recyklovat 65 % odpadů. Z toho jasně vyplývá, že právě recyklace má největší podporu. [21]

---

<sup>2</sup> Kogenerace – kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie; kogenerační jednotka – zařízení sloužící ke kogeneraci

<sup>3</sup> Energeticky využitelný odpad má hodnotu výhřevností vyšší jak 4 MJ/kg



## 2 Vlastnosti odpadu

Odpad je velice různorodý materiálovým složením a rozdíly v jeho vlastnostech jsou někdy až extrémní. Může obsahovat nebezpečné složky, velikostně se liší od jemného prachu až po velké kusy, mohou zde být přítomny extrémně hořlavé nebo naopak nehořlavé atd. Obecně rozdělujeme odpady na nebezpečné, průmyslové a komunální. U prvních dvou jsou vlastnosti poměrně dobře předvídatelné, u komunálních odpadů jsou však vlastnosti velmi různé podle řady faktorů.[22] [23]

Významnou roli ve vlastnostech odpadu sehraje i různorodé prvkové složení. Sledují se převážně množství zdraví škodlivých složek jako jsou dioxiny, kyselé složky, těžké kovy, tuhé částice, těžko rozložitelné organické látky atp. Po spálení je z ekologických důvodů nutno tyto složky redukovat v systému čištění spalin, nacházejícím se za kotlem, a zabránit tak jejich úniku do ovzduší.[22] [24]

### 2.1 Odpad jako palivo

Pokud se zaměříme na odpad jako palivo, tak se jedná především o směsný komunální odpad, ale i další složky komunálního odpadu. Jako druhotný zdroj energie odpad šetří fosilní paliva, buď jejich úplným nahrazením, nebo jako přídavné palivo<sup>4</sup>. Ačkoliv je poměrně výhřevným palivem – často přirovnávaným k hnědému uhlí – jeho vlastnosti nejsou zcela jednoznačné. Záleží odkud a v jakém období je odpad svážen, a záleží také na tom, co lidé vyhazují. [10]

Nejsledovanějším parametrem z hlediska kvality odpadu jako paliva je výhřevnost, která je úzce spjata s vlhkostí a popelnatostí. A aby byl zajištěn kontinuální proces energetického využití, především přímého spalování, musí mít odpad co nejstálější strukturu. Vzhledem k jeho rozmanitosti je ho tedy nutno před procesem homogenizovat. Na časté výkyvy kvality paliva však musí reagovat spalovenský kotel. [10] [24]

Výhřevnost, která je pro energetické využití zásadní parametr se definuje jako[24]:

*„Výhřevnost  $Q_i$  ( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) je teplo uvolněné dokonalým spálením 1 kg paliva při dochlazení spalin na 20 °C, přičemž voda ve spalinách zůstane v plynné fázi.“*

Pro úplnost je nutno formulovat i spálené teplo, které se získá experimentálně (v kalorimetru), a ze které se určí výhřevnost[24]:

*„Spálené teplo  $Q_s$  ( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) je teplo uvolněné dokonalým spálením 1 kg paliva při dochlazení spalin na 20 °C, přičemž voda ve spalinách kondenzuje – je v kapalně fázi.“*

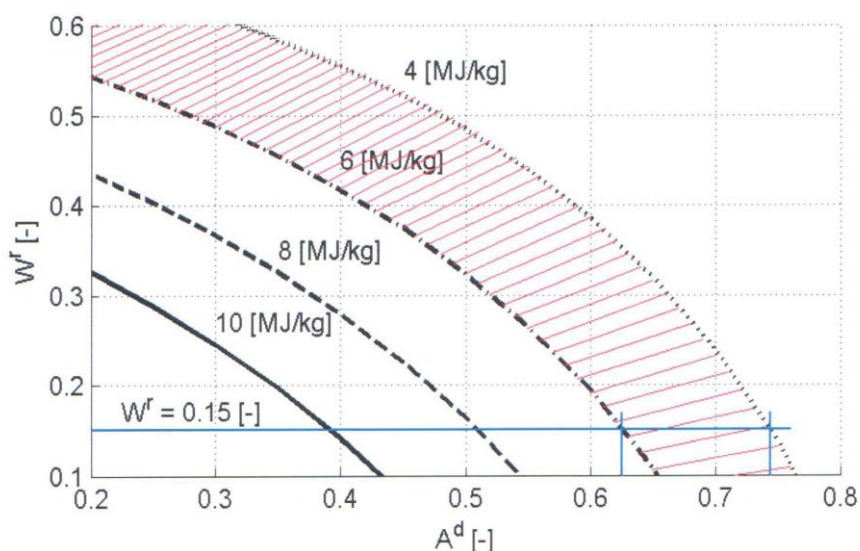
U komunálních odpadů je stanovení výhřevnosti obtížný proces. Hodnota se totiž výrazně mění v místě a v čase. Výhřevnost KO se udává okolo 8–12 MJ/kg, nicméně lze nalézt i rozmezí okolo 9–11 MJ/kg nebo 7,5–10,5 MJ/kg... Hodnotu si každopádně pro legislativní účely země nastavují sami, v případě že údaj vůbec uvádí. V ČR je tento parametr nastaven na 8 MJ/kg, v zahraničí pak např. Německo, Finsko – 6 MJ/kg; Rakousko – 6,6 MJ/kg; Itálie – 13 MJ/kg.[22] [25]

---

<sup>4</sup> Např. mix hnědého uhlí a upravených odpadů (tuhá alternativní paliva – TAP)

Při předpokladu, že průměrná výhřevnost KO v České Republice je 8–10 MJ/kg, lze KO srovnávat s méně kvalitním (mosteckým) hnědým uhlím (10–12 MJ/kg), s kterým může být spoluspalován. Udává se, že jedna tuna komunálního odpadu může nahradit přes 600 kg hnědého uhlí, a nejsou tedy výjimkou úvahy o nahrazení starých hnědouhelných tepláren za spalovny KO [26]. Pro přehled výhřevností jiných paliv poslouží tyto údaje: dřevo–14 MJ/kg, černé uhlí–24 MJ/kg, zemní plyn–33 MJ/kg. [27]

Hodnotu výhřevnosti výrazně ovlivňuje vlhkost a popelnatost. Pokud jsou tyto dvě hodnoty vysoké, výhřevnost klesá. Průměrná hodnota vlhkosti se pohybuje mezi 15–40 %, popelnatosti mezi 20–35 % [22]. Touto problematikou se zabýval i výzkum ČVUT, který u KO zanalyzoval výhřevnost pro různé poměry vlhkosti paliva ( $W^r$ ) a popelovin v sušině ( $A^d$ ), jak je znázorněno na obrázku 2.1. Ze získaných výsledků vyplívá, že hranice spalitelnosti komunálního odpadu se pohybuje okolo 4–6 MJ/kg, a že po podkročení hranice je nutno dodat palivo o vyšší výhřevnosti nebo stabilizovat plamen plynovými hořáky. Při takto malé výhřevnosti se spíše jedná o termické odstranění nežli o energetické využití. [25]



Obrázek 2.1 Diagram výhřevnosti komunálního odpadu [25]

Další snížení energetického potenciálu (výhřevnosti) nastává, pokud je odpad recyklací ochuzen o výhřevné komodity jako papír, plast a další výhřevné materiály [25]. Pokud jsou naopak odstraněny nehořlavé materiály (sklo, železo, stavební materiál) a přebytečná vlhkost, pak výhřevnost roste. Vlhkost je obsažena zejména v potravinách a v dalších biologicky rozložitelných komunálních odpadech (BRKO). Výhřevnosti běžných složek komunálního odpadu jsou uvedeny v tabulce 2.1.

Tabulka 2.1 Výhřevnost složek komunálního odpadu [22]

Druh odpadu	Výhřevnost [MJ/kg]
Papír	15,7
Plasty	32,7
Polyetylen	43,4
Polystyren	38
PVC	22,5
Textil	18,3
Potraviny	3,2
Smetky	6
Štěpka, dřevo	12,4
Sklo	0,2

### 2.1.1 Vlastnosti komunálního odpadu v místě a v čase

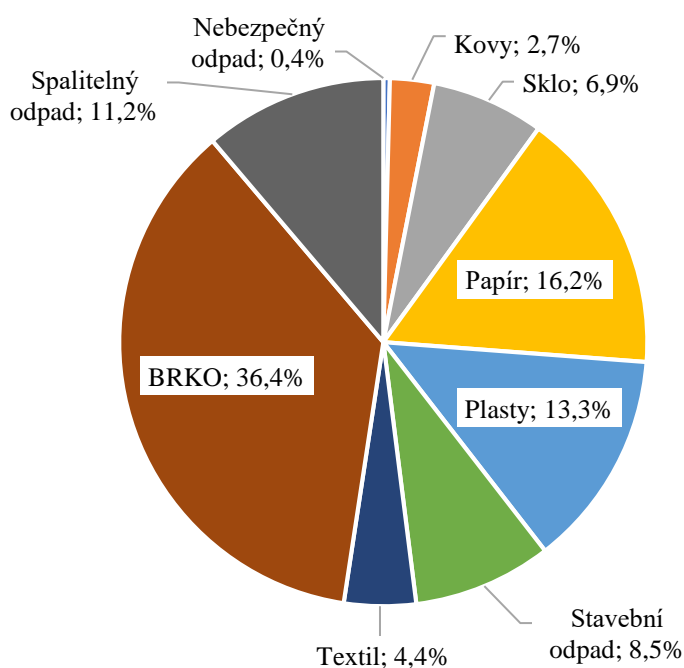
Jak již bylo naznačeno, významný vliv na vlastnosti odpadů má zdroj odpadu, podnebí a roční období. Původ svozu odpadů může zároveň reflektovat typické způsoby nakládání občanů s odpady v jednotlivých sídlech a regionech (tzn. sídliště, příměstská zástavba rodinných domů, vesnice...).

Na sídlištích směsný komunální odpad obsahuje vysoké množství vody z kompostovatelných složek, menší podíl suti a popelovin, a celkově vyšší podíl spalitelného odpadu. V těchto lokalitách je i vyšší míra recyklace. Odlišný charakter má odpad v lokalitách příměstského typu (rodinné domy) a v menších obcích. Zde přibývá nespalitelného odpadu s vysokým obsahem popelovin, jako je stavební suť, zemina, popel. Naopak ubývá kompostovatelného odpadu, protože si lidé sami kompostují. Ubývá tedy hořlavých složek, včetně recyklovatelných. Ty jsou ukládány do sběrných popelnic, v horším případě – zejména na vesnicích – jsou spalovány přímo v domácnosti. Právě i v důsledku vysokého počtu lokálních topenišť je popel nezanedbatelnou složkou vzniklého domovního odpadu z venkovských zástaveb. Přibližná průměrná skladba domovního odpadu je uvedena v *tabulce 2.2*. V současnosti se hodnota výhřevnosti v sídlištní zástavbě pohybuje okolo 10 MJ/kg a ve venkovské zástavbě okolo 7 MJ/kg. [22] [28]

Tabulka 2.2 Průměrný podíl látkových skupin v domovním odpadu [28]

Látková skupina	[hmotnostní %]	
	Sídlištní zástavba	Venkovská zástavba
Papír/lepenka	25,7	7,79
Plasty	16,76	9,75
Sklo	11,17	4,87
Kovy	1,68	2,6
Bioodpad	15,64	11,69
Textil	4,47	2,27
Minerální odpad	2,24	6,82
Nebezpečný odpad	0,57	0,31
Spalitelný odpad	10,61	9,42
Elektrozařízení	0,56	0,33
Jemné podíly <40 mm	10,6	44,15

Další výkyvy výhřevnosti komunálních odpadů se dají klasifikovat jako sezonní. Rozdíly je možno zaznamenat v letním a podzimním období, kdy roste konzumace ovoce a zeleniny. Tím se zvyšuje podíl BRKO, což má za dopad zvýšení vlhkosti. Ta roste i v období srážek, a naopak v teplých dnech klesá. Významná období jsou okolo Vánoc a na Nový rok, kdy roste podíl hořlavých složek, především z obalovin a dřeva. Během letních prázdnin pak v některých oblastech odpadu ubývá, protože lidé tráví čas mimo domov. Naopak v turistických destinacích může odpadu výrazně přibývat. Pro představu průměrného složení komunálních odpadů poslouží *obrázek 2.2.* [22]



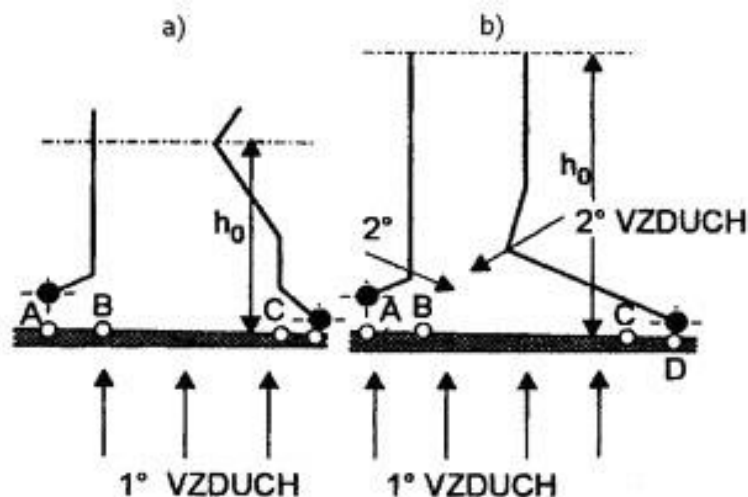
Obrázek 2.2 Přibližné složení směsného komunálního odpadu v ČR [22]

### 2.1.2 Spalovenský kotel

Na kolísavé vlastnosti komunálních odpadů musí být navržen tzv. spalovenský kotel. V drtivé převaze jsou to kotle s šikmým roštem (válcový, vratisuvný, s přímým posunem), výjimkou ale není ani spalování ve fluidní vrstvě, zde je však nutno odpad nadrtit. Podobně jako hnědé uhlí, biomasa, rašelina, tak i odpady se vyznačují vysokým podílem prchavé hořlaviny, což je další z velmi důležitých atributů odpadu jako paliva. V takovém případě je nutné, aby docházelo k optimálnímu vyhoření tuhé frakce včetně prchavé hořlaviny. Hoření v roštovém ohništi tedy probíhá ve dvou ohniscích: přímo ve vrstvě na roštu a nad palivem v dohořivací komoře<sup>5</sup>, a do obou ohnisek je nutno přivádět vzduch: rošt – primární vzduch; nad rošt – sekundární vzduch. Je také zapotřebí, aby pro optimální vyhoření prchavé hořlaviny nad vrstvou paliva byla vhodně navržena spalovací komora, kdy se pomocí tzv. seškrcením ohniště docílí delšího

<sup>5</sup> U kvalitních paliv s nízkým obsahem prchavé hořlaviny a vysokým obsahem uhlíku (černé uhlí, antracit) se používají roštová ohniště s jedním ohništěm hoření (viz. *obrázek 2.3*)

plamene, čímž se zajistí promísení prchavé hořlaviny se vzduchem. Aby došlo k rozkladu toxických plynů, musí spaliny setrvat v dohořívací komoře 2 sekundy při teplotě 850 °C, ve spalovnách nebezpečného odpadu při teplotě 1100 °C. [24]



Obrázek 2.3 Tvar ohniště roštového kotle a) s jedním ohniskem hoření, b) s dvěma ohnisky hoření [29]

Pro spalovenský kotel je zásadní operace homogenizace odpadu, protože v případě nadměrného množství velmi výhřevných materiálů dochází k vysokému výkonu kotle a k nadlimitní tvorbě CO, což může vést k možnému poškození tlakového celku kotle. Naopak, palivu s příliš nízkou výhřevností se k hoření dodává zemní plyn. [23]

## 2.2 Vlastnosti nebezpečných odpadů

Nebezpečné odpady jsou takové, které vykazují jednu nebo více nebezpečných vlastností. V takovém případě je zapotřebí s nimi vhodně nakládat. Likvidují se ve spalovnách nebezpečného odpadu, kde je možné z nich získávat tepelnou a ve velkých provozech i elektrickou energii. Děje se tak při vyšších teplotách, než je tomu komunálních odpadů, z důvodu likvidace nebezpečných vlastností. Jedná se kupříkladu o baterie, chemikálie, oleje... [1] [7]

Nebezpečných vlastností je celkem 9 kategorií a jsou opatřeny tzv. GHS<sup>6</sup> symbolem s doplňující razancí na nebezpečnost, označovanou slovy „VAROVÁNÍ“ nebo „NEBEZPEČÍ“. Obrázek 2.4 ukazuje jejich výčet a označení. [30] [31]

<sup>6</sup> GHS – Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií



Obrázek 2.4 Grafické symboly nebezpečných vlastností [30]



### 3 Technologie termochemické přeměny odpadů – spalováním

Podstatou chemické přeměny je přeměna skupenství (např. pevného na plynné, pevného na kapalné...) a při termochemické přeměně, též zvané jako tepelné zpracování, k tomu dochází za účasti vysoké teploty. Tepelné zpracování tuhých odpadů slouží ke snižování objemu a hmotnosti odpadu, a k získání energie nebo produktu vhodných k energetickému využití. Převládající metodou je spalování v zařízení na energetické využití odpadů – ZEVO. Dalšími metodami jsou pyrolýza a zplyňování. [10]

#### 3.1 Přímé spalování tuhého odpadu

Spalování je proces rychlé oxidace, při níž chemickou reakcí kyslíku s organickými materiály vznikají oxidované sloučeniny v podobě uvolněné energie ve formě tepla a emisí světla. Oxidačním médiem je zpravidla vzduch v přebytku jeho množství. Při optimálním přebytku vzduchu dochází k správnému efektu dokonalého spalování, tedy minimalizace tvorby oxidu uhelnatého (CO). Spalování s minimálním – stechiometrickým – množstvím vzduchu je ideální případ, kdy se počítá s dokonalým promísením vzduchu, beze ztrát a s dokonalým spálením na konečné produkty. Těmito produkty po spálení tuhého komunálního odpadu jsou horké spaliny ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  – vodní pára,  $O_2$ ) a nehořlavé zbytky (popel). Další produkty spalování závisí na povaze odpadů a na vlastnostech daného kotle. Nejčastěji to pak jsou: amoniak ( $NH_3$ ), oxid siřičitý ( $SO_2$ ), oxidy dusíku ( $NO_x$ ) a další stopové prvky. [10]

Cílem transformačního procesu spalováním je ohřev vody v trubkách kotle, čímž vzniká pára určená k výrobě elektrické a tepelné energie. Zároveň se dosahuje snížení původního objemu odpadu na 10 % a redukce původní hmotnosti o 75 až 80 %, díky čemuž se uvolňuje potenciální místo na skládkách pro další reziduální hmotu. Nemalý význam má hygienizace odpadu, tedy zbavení se zdraví ohrožujících látek (a zápachu). [10] [32]

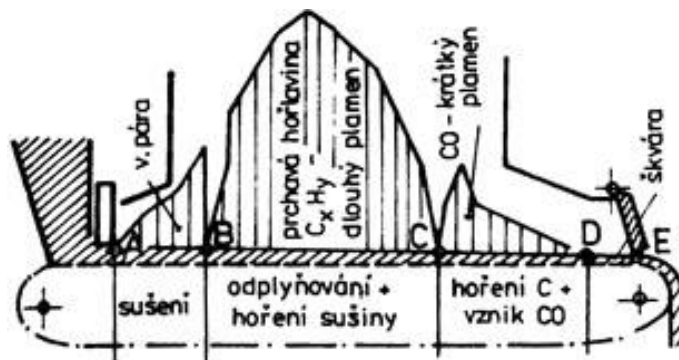
Nevýhodou spalování odpadů je uvolňování škodlivých spalin, kterým se musí přizpůsobit velmi drahá zařízení na čištění spalin. Ta jsou však z legislativního a ekologického hlediska pro provoz nezbytným opatřením. Výsledkem celého procesu je čistá energie bez nežádoucích emisí. Problém by mohl nastat v případě havárie zařízení, kdy by se do ovzduší dostalo nemalé množství zdraví nebezpečných látek. [22] [33]

##### 3.1.1 Spalovací proces v ZEVO

Proces začíná zvážením vozu dodavatele či odběratele odpadu, kdy se od celkové hmotnosti naplněného vozu odečte hmotnost prázdného vozu, a tím se získá hmotnost odpadu. Moderní ZEVO disponují technologií, která při vjezdu vozidel do areálu spalovny detekuje známky ionizujícího záření. V další fázi jsou recyklované odpady posílány na dotřídňovací linku a dále zpracovány, v případě směsného komunálního odpadu dochází k naplnění skladovací jámy (zásobníku), která se nachází v kryté hale zvané bunkr. Vzduch z bunkru je odsáván a zaveden do spalovací komory, je tam tedy udržován trvalý podtlak. Díky podtlaku se do okolí spalovny nešíří zápach z rozložitelných odpadů, zejména v letním období. Nad zásobníkem se nachází stropní jeřáb, který promíchává odpad, homogenizuje ho, a následně ho přesouvá do násypky kotle odkud putuje přímo na posuvný rošt. Obsluha jeřábu by měla zajistit rovnoměrné rozložení vlhkosti v zásobníku, aby byla zajištěna kontinuita spalování. Nespalitelné nebo objemné kusy jsou jeřábem odstraněny, případně zpracovány v drtičce. [10] [34]

Tuhý odpad z násypky padá na rošt, kde je hromadně spalován ve čtyřech charakteristických fázích [24]:

- Sušení – palivo se ohřívá na cca 120 °C a vypuzuje se z něho povrchová a hygroskopická voda
- Odplynění – uvolňování prchavé hořlaviny, které probíhá intenzivně při ohřátí nad 250 °C
- Hoření prchavé hořlaviny a zápal vrstvy tuhé hořlaviny
- Dohořívání tuhé fáze a chladnutí tuhých zbytků



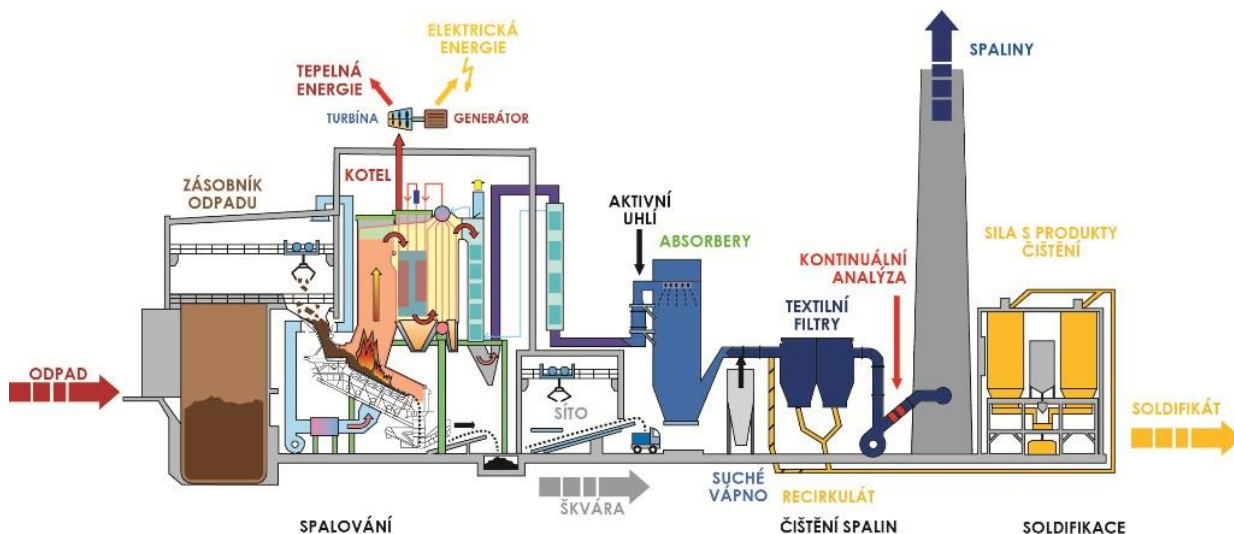
Obr. 5 Fáze spalování paliva na roštu [28]

Zásadní význam v procesu spalování sehrávají dodávky vzduchu, které mají funkci: zapálit odpad, kontrolovat teplotu v ohništi a tím regulovat výkon kotle a tvorbu CO. Primární vzduch je zaveden, buď zespoda skrze rošt (tzv. spodním zápalem), nebo je foukán na vrchní vrstvu paliva (tzv. vrchní zápal). Sekundární vzduch se nachází ve vrchní části spalovací komory (viz. kapitola 2.1.2 *Spalovenský kotel*). V samotném ohništi dosahuje teplota 950 – 1100 °C. Vzniklé spaliny následně odchází do tlakového systému kotle, kde jsou postupně přes kontakt s výměníky tepla ochlazeny na cca 200 °C. [10] [35]

Teplem obsaženým ve spalínách se pomocí trubek, zabudovaných ve stěnách spalovací komory, ohřívá voda, čímž vzniká pára. Ta se pošle přes turbogenerátor k výrobě elektrické a následně tepelné energie. Ty se primárně spotřebují na provoz zařízení, až sekundárně jsou energie posílány k prodeji. To znamená, že přebytky páry jsou posílány do CZT<sup>7</sup> na ohřev vody a přebytky elektřiny jsou distribuovány do rozvodné sítě. Vedlejší výnosy má ZEVO z prodeje druhotných surovin: škváry (pevný produkt spalování), netoxického popílku, vyseparovaných železných a neželezných kovů. [10][23]

<sup>7</sup> CZT – centrální zdroj tepla





Obrázek 3.1 Schéma procesu v SAKO Brno, a.s.[34]

### 3.1.2 Zpracování tuhých zbytků

Spálením odpadů vznikají zbytkové produkty, které jsou odváděny buď přímo z roštu (škvára) nebo ve spalinách (popílek). Škvára tvoří hlavní část reziduální hmoty po spalování a jejím zpracování se zabývá škvárového hospodářství. Výsledný produkt je vhodný pro stavební účely.

Po spalovacím procesu je škvára nejprve ochlazena vodní lázní (mokrá vynašeč škváry) a dále dopravena k separaci kovů, barevných kovů (měď, hliník) a nadrozměrných částic (beton, cihly). Zbývá škvára je využitelná a používá se pro technické zabezpečení skládek a měla by i zajišťovat parametry vhodné k využití jako stavební materiál (např. podsyp silnic). Popílek odvedený ve spalinách se zachytává v příslušných zařízeních v systému čištění spalin, jejichž zasazení určuje další nakládání s daným popílkem. Popílek, který neobsahuje nebezpečné látky se používá jako stavební materiál nebo k rekultivaci krajiny po těžební činnosti, rekultivaci skládek. Separované nebezpečné popeloviny – tzv. end-produkt – jsou uloženy na skládku nebezpečného odpadu. Před odvozem na skládku však musí být takový end-produkt stabilizován, jelikož obsahuje částice těžkých kovů, vápenných solí a aktivního uhlí, které by mohl být na skládce buď odváty větrem nebo vlivem kyselých dešťů vyluhovány. Ke stabilizaci slouží například proces soldifikace (viz. obrázek 3.1), kdy jsou odpadní popeloviny spojeny cementem a vodou. Touto reakcí jsou nebezpečné složky pevně (mechanicky i chemicky) vázány, a těžké kovy se již nerozpustí. V různých zařízeních se může stabilizát nazývat odlišně, záleží na použité technologii. [10] [34] [35]

### 3.1.3 Čištění spalin

Spaliny komunálního odpadu obsahují nebezpečné látky, které by při uvolnění do atmosféry neblaze působily na životní prostředí a lidské zdraví. Proto musí být v ZEVO přítomen kvalitní systém na čištění spalin. Pro popis takového systému poslouží technologický proces s pěti stupňovým systémem čištění spalin, používaný v Brněnském ZEVO (viz. obrázek 3.1) [34] [36]:

1. stupeň: Selektivní nekatalytická redukce (SNCR): Ve spalovací komoře kotle je instalován nástrík močoviny nebo čpavkové vody, která výrazně snižuje množství oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ) ve spalínách. V jiných zařízeních (např. Praha) bývá i účinnější, každopádně dražší technologie selektivní katalytické redukce (SCR).
2. stupeň: Rozdělovač aktivního uhlí; umístěným mezi kotlem a absorbérem, snižuje množství těžkých kovů a perzistentních<sup>8</sup> organických polutantů ve spalínách.
3. stupeň: Polosuchá vápenná metoda; ve vertikálním reaktoru (absorbér) je do proudu spalín nástríky rozprášena vápenná suspenze (vápenné mléko), neutralizující kyselé složky spalín jako je  $\text{HCl}$  a  $\text{HF}$ .
4. stupeň: Suchá vápenná metoda; tento systém funguje za stejným účelem jako polosuchá vápenná metoda, tedy zbavení se kyselých složek, jen s aplikací hašeného vápna. Nicméně, systém se spustí automaticky až při zvýšeném množství kyselých složek. Polosuchá a suchá metoda pro odstranění kyselých složek je použita v Brně s účinností 99,1 %. ZEVO Praha a ZEVO Liberec vyžívají pro odstranění kyselých složek účinnější mokré metody s účinností (99,7 % a 99,9 %). [23]
5. stupeň: Tkaninový (bariérový) filtr; zařízení sloužící k odloučení mechanických nečistot a pevných reakčních produktů čištění ze spalín. Zachycená vrstva na těchto filtrech tvoří tzv. filtrační koláč jehož vlastnosti se odvíjí od pozice zasazení v procesu. Lze využít i účinnější metody na zachycení tuhých částic při použití elektroodlučovače, označovaného též jako elektrofiltr (např. Praha, Liberec). [35] [37]

Výsledný produkt čištění spalín je složen z vápenatých solí, popílku, aktivního uhlí a přebytku reagentů. Zbylý proud spalín je pravidelně kontrolován, aby nepřekračoval emisní limity a poté je odváděn do komínu. Účinnost celého procesu se pohybuje kolem 99 %. [34]

Nezbytnou součástí technologického procesu je úprava odpadních vod, upravující vodu mimo jiné ze systému čištění spalín a škvárového hospodářství, čímž zajišťuje vhodné parametry pro vodu v tlakovém systému kotle. [35]

Systémy čištění spalín jsou sice velice nákladné, zato zajišťují, oproti jiným zdrojům energie, extrémně malé emise škodlivých látek. I přesto v této oblasti panují předsudky. Emisní limity a investice jsou ve výsledku jedny z nejdůležitějších a nejvíce diskutovaných při prosazování nových ZEVO.

---

<sup>8</sup> Perzistence – schopnost látek setrvávat po dlouhou dobu v životním prostředí

## 4 Další technologie využití odpadů

Kromě spalování existují další možnosti, jak odpady využít k výrobě energie či produktu. Každopádně žádná z těchto metod se v praxi nevyužívá tolik jako přímé spalování odpadů. Další metody tepelného zpracování jsou kromě spalování pyrolýza a zplyňování, ty se však nepoživají pro velká množství, ať už z technologických nebo z ekonomických důvodů a slouží především k zisku výhřevných produktů. Dalšími metodami, kterými se tato kapitola zabývá, je mechanicko-biologická úprava a využití skládkového plynu.

### 4.1 Pyrolýza

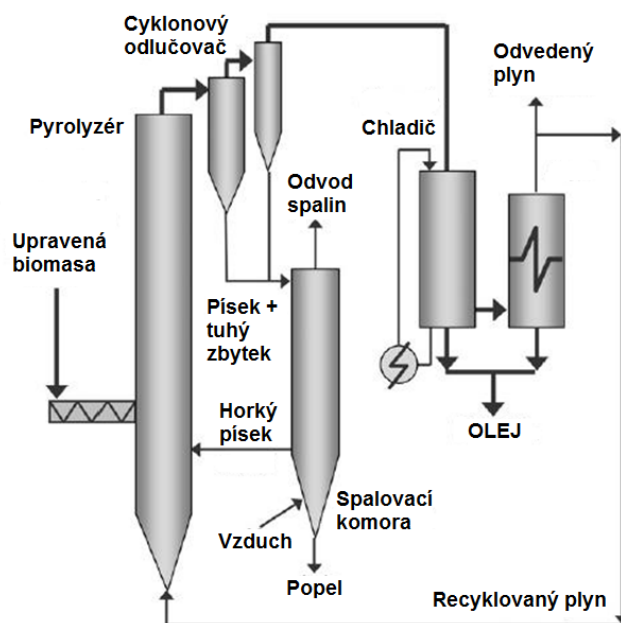
Při procesu pyrolýzy dochází k termickému rozkladu organických látek bez přístupu kyslíku (resp. oxidačního média), teplo je dodáváno vnějším zdrojem, jedná se tedy o alo-termní/exotermní reakci. Při tepelném rozkladu materiálu dochází k rozpadu vysokomolekulárních látek, což vede ke štěpení a uvolňování látek nízkomolekulárních, tedy prchavé hořlaviny. Produkty pyrolýzy jsou: pyrolýzní plyn, pyrolýzní kapalina a karbonizační pevný zbytek. Takto zpracovávat lze pneumatiky, biomasu, směsi odpadů, uhlí, plasty, čistírenské kaly... [10][38]

Pyrolýzní plyn je složen zejména z vodíku, oxidu uhelnatého a dalších charakteristických plynů pro daný odpad, podle jeho organických vlastností. Plyn může být částečně využíván k ohřevu pyrolýzní jednotky nebo v technologii pro výrobu tepla a elektřiny (kogenerační jednotka, plynová turbína). Výhřevnost tohoto plynu se pohybuje okolo 26 MJ/m<sup>3</sup>. [10]

Kapalný produkt obsahuje dehet nebo olej, který se dá po úpravě využít jako syntetický topný olej, který může nahradit běžný topný. Jindy se pyrolýzní kapaliny využívá k výrobě alternativních paliv a jiných chemikálií. Výhřevnost pyrolýzní kapaliny z odpadů se pohybuje okolo 20-21 MJ/kg.[10]

Pevný produkt se skládá téměř z čistého uhlíku, obohaceného o inertní (nespalené) materiály. Vlastnostmi se blíží hnědému uhlí, jedná se tedy o velmi výhřevné a kvalitní palivo. [10]

Přestože se pyrolýza odpadů její jako efektivní způsob využití odpadů, jde stále o ekonomicky i technologicky nedořešenou metodu. Jedná se však o cestu, kam by se moderní energetické využívání odpadů mohlo ubírat.



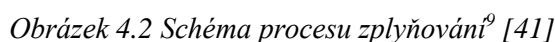
Obrázek 4.1 Schéma procesu pyrolýzy [39]

## 4.2 Zplyňování

Zplyňování je proces částečného spalování, kdy na rozdíl od pyrolýzy, je přítomno oxidační médium (kyslík, vzduch, vodní pára, ...) pod stechiometrickým množstvím. Jedná se o autotermní reakci, probíhající při různých teplotách, podle požadavku konečného produktu. Vzhledem vysokým teplotám, které jsou při procesu přítomny, dochází k rozkladu celé řady škodlivých látek. Metoda energetického zplyňování je tedy velmi vhodná k ekologické likvidaci odpadů. Zplyněním tuhé složky se primárně získává zplyňovací (syntézní) plyn. [10] [40]

Složení plynu je závislé na technologii zplyňování, palivu a zplyňovacím médiu, obecně jsou ale hlavními složkami výhřevného plynu:  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  a jiné organické látky. Plyn se navíc z technologických důvodů nutně naředí dusíkem, vodní parou a oxidem uhličitým. Výhřevnost se pak pohybuje v řádu od  $3 \text{ MJ/m}^3$  až do  $15 \text{ MJ/m}^3$ . Získaný plyn se musí – pokud to technologie vyžaduje – na konci procesu před použitím vyčistit, obsahuje totiž nečistoty. [10] [40]

Podobně jako u pyrolýzy, není zplyňování určeno k masivní likvidaci/využití odpadů. V procesech jde o získ kvalitních produktů (plyn, dehet) a nachází se zde velký prostor pro výzkum.



Skládkový plyn je směsí plynů v rámci skládky. Skládá se především z methanu  $\text{CH}_4$  a oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$ , což jsou hlavní produkty anaerobního rozkladu biologicky odbouratelné organické složky tuhých komunálních odpadů na skládkách. Další složky skládkového plynu zahrnují atmosférický dusík  $\text{N}_2$  a kyslík  $\text{O}_2$ , amoniak  $\text{NH}_3$  a stopové organické sloučeniny (viz. *tabulka 4.1*). Některé stopové prvky, ať v malých množstvích, mohou představovat zdravotní riziko. Zejména v případě úniku methanu do atmosféry negativně přispívá ke skleníkovému efektu. Navíc při úniku vyšších koncentracích hrozí v reakci s atmosférickým kyslíkem exploze, avšak přímo ve skládce exploze nehrozí, protože tam není dostatek kyslíku. [10]

Složka	Podíl v suchém objemu (%)
CH <sub>4</sub> – Methan	45–60
CO <sub>2</sub> – Oxid uhličitý	40–60
N <sub>2</sub> – Dusík	2–5
O <sub>2</sub> – Kyslík	0,1 – 1
Sulfidy, disulfidy ...	0–1
NH <sub>3</sub> – Amoniak	0,1 – 1
H <sub>2</sub> – Vodík	0 – 0,2
CO – Oxid uhelnatý	0 – 0,2
Stopové sloučeniny	0,01 – 0,6

<sup>9</sup> Quench – technologické vlhčení spalín (plynu) v saturační komoře na požadované parametry [42]

motor s vnitřním spalováním (kogenerační jednotka) nebo plynové turbíny. Při vyšších výkonech se používá parní turbína. Plyn je nutné zbavit nečistot, zejména v případě výskytu  $H_2S$  je nutné zavést příslušná opatření, aby nedocházelo ke korozi zařízení. Například je plyn prohnán čistícím zařízením na principu pračky spalin. [10]

#### 4.4 Mechanicko-biologická úprava

Při mechanicko-biologické úpravě (MBÚ) se získává produkt v podobě upraveného homogenizovaného odpadu, tzv. tuhé alternativní palivo – TAP<sup>10</sup>. Na rozdíl od nekontrolovaně smíchaného a nezpracovaného směsného komunálního odpadu jsou TAP ochuzena o inertní materiály (kovy, kamení apod.) a je zpracován z organické frakce SKO. TAP mají svá přesná specifikata jako je výhřevnost, obsah vlhkosti a obsah popele. Produkují se v drcené podobě nebo jako zhuštěné pelety. Výhodou pelet je úspornější skladování a jednodušší transport. TAP mohou být spalována samostatně nebo slouží jako podpora v palivovém mixu (např. při spalování uhlí). [10]

Vzhledem k vyšší výhřevnosti (od 12 po 20 MJ/kg, záleží na úpravě), než je u KO, mohou být spalovací zařízení menší než u srovnatelně výkonného ZEVO. Proces spalování je i lépe regulovatelný a nejsou tak vysoké nároky na výkon systému čištění spalin. Větší prostor a investici však zabírá příprava TAP, jejíž hlavní fáze jsou drcení, sušení, separace a sítování odpadu. Produktem přípravného procesu je nadsítná frakce – výhřevné alternativní palivo obsahující: plast, papír, textil apod. –, ale je dosaženo i zisku podsítné frakce (hlína, kamení, biologicky rozložitelné odpady), které se odvázejí na skládku. Při dobrém návrhu předpřípravy TAP lze z hromadného odpadu odstranit značné množství kovů, plastů a dalších recyklovatelných a nevhodných materiálů, což zamezuje nadměrnou produkci škodlivých emisí. [10] [20] [43] [44]

Je nutné, aby zařízení na mechanicko-biologickou úpravu bylo flexibilní a dokázalo se řídit požadavky odběratele na požadovaný produkt. Takto získané palivo z odpadu se běžně využívá v cementárnách a vápenkách, avšak potenciál má i pro teplárny, elektrárny, papírný atd. [44]

Budování zařízení na MBÚ omezuje pro ně nejistá a nedotažená legislativa (např. z hlediska nároků na čištění spalin), navíc ze zahraničních zkušeností se tato metoda příliš neosvědčila, například kvůli příliš velké části podsítné frakce. [20] [45] [46]



Obrázek 4.3 Vzorky TAP [47]

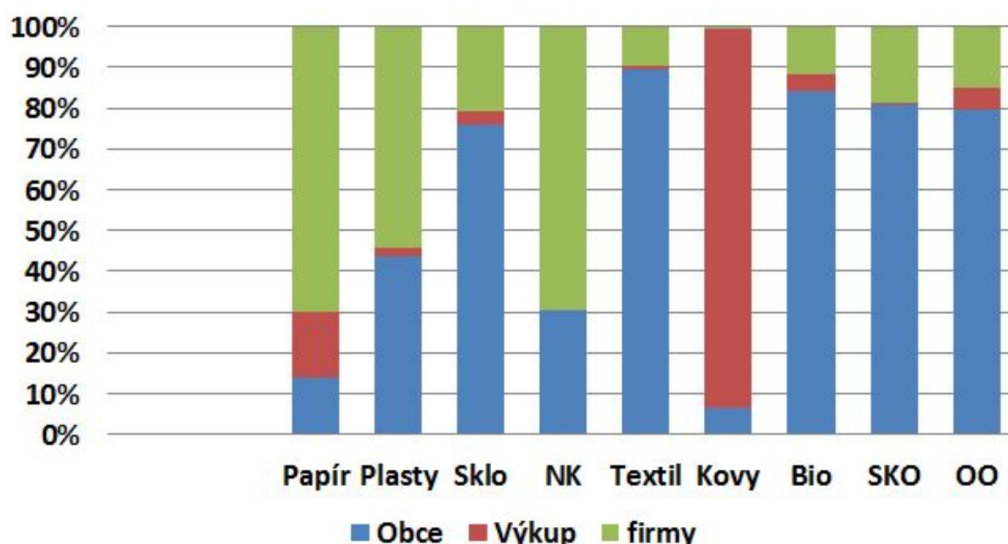
<sup>10</sup> TAP – angl: SRF – soil recovered fuel, RDF – refuse derived fuel



## 5 Bilance odpadů v České Republice

Před začátkem této kapitoly je nutné si uvědomit, že čísla týkající se statistiky odpadů se mohou lišit. Zásadní rozdíl spočívá ve dvojím vykazování údajů o odpadech od ministerstva životního prostředí (MŽP) a Českého statistického úřadu (ČSÚ), jejichž data mohou např. environmentální organizace nebo odpadoví hospodáři prezentovat podle svých aktuálních potřeb.

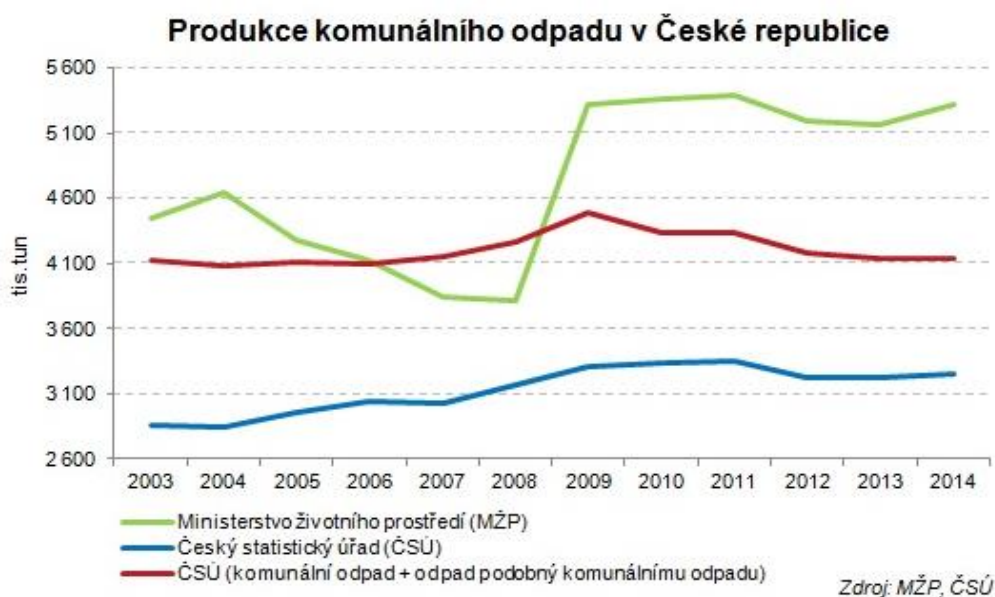
Ačkoliv tyto subjekty vychází ze stejných dat, liší se v rozdílných metodikách statistického měření. Tento fakt se projevuje například v rozdílném nahlížení na komunální odpad, kde MŽP do celkové produkce zahrnuje i duplicitní složky, např. z výkupu, zpětného oděru a dalších toků odpadů a zahrnuje i odpad podobný komunálnímu (živnostenský). To však ČSÚ zanedbává a v oficiálních materiálech se drží konkrétní, legislativní definice pro komunální odpad. Rozdíly v produkci do následného započítávání některých komodit ukazuje *obrázek 5.1*, který zpracovává data původců odpadu z roku 2014 v Pardubickém kraji. [5] [48] [49]



Obrázek 5.1 Podíl původců odpadů vybraných odpadů a odpadů na jejich produkci<sup>11</sup> [49]

Obrázek 5.2 zase porovnává údaje o produkci KO, kde jsou ve statistice ČSÚ zahrnuty i živnostenské odpady. Při porovnání údajů produkce komunálního odpadu v ČR lze ze strany MŽP sledovat prudký nárůst produkce KO v letech 2008 a 2009. V těchto letech došlo ke změně ohlašovací povinnosti z důvodu snížení administrativní zátěže podnikatelů (z 50 kg nebezpečných odpadů se limit zvýšil na 100 kg a z 50 tun ostatních odpadů na 100 tun), což se promítlo v matematických modelech. Kdyby se však metodika nezměnila, údaje by byly stabilnější. Každopádně i ČSÚ lehce upravilo v roce 2009 svou metodiku klasifikace ekonomických subjektů, odrážející v pozměněném nahlížení na produkci některých typů specifických odpadů, zapříčiněnou novými technickými, ale i dalšími odvětvími. Ve výsledku je rozdíl mezi prezentovanými údaji až dva miliony tun. Odpad podobný komunálnímu přitom podle ČSÚ tvoří asi ¼ z celkového součtu. [50] [51]

<sup>11</sup> NK – nápojový karton; OO – ostatní odpad



Obrázek 5.2 Porovnání údajů produkce komunálního odpadu v ČR [52]

Jako konkrétnější ukázka rozdílnosti poslouží data údajné celkové produkce odpadů v roce 2016, kdy bylo podle MŽP v České Republice vyprodukováno kolem 34,2 milionu tun odpadu a podle ČSÚ 25,8 milionu tun. Rozdíl tedy činí přes 8 milionů tun. Jiným příkladem je průměrná roční produkce komunálního odpadu na jednoho obyvatele, která činila podle MŽP 531 kg a podle ČSÚ 339 kg. [53] [54]

ČSÚ, vykonávající činnost státní statistické služby, sbírá data prostřednictvím výkazu Odp 5-01 v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady dle metodiky 2150/2002/ES, o statistice odpadů a směrnice 98/2008/ES, o odpadech podle Klasifikace ekonomických činností NACE. Tato klasifikace, která zahrnuje i rozdělení konkrétních typů odpadů, byla v české podobě (CZ-NACE) v roce 2009 upravena z tzv. NACE Rev. 1 (CZ-NACE) na současnou NACE Rev. 2 (CZ-NACE). Od roku 2011 byla statistika rozšířena o sledování produkce druhotných surovin. [51] [54] [55]

MŽP svoji statistiku řídí prostřednictvím interních směrnic resortu, k čemuž slouží Informační systém odpadového hospodářství (ISOH) a Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností (ISPOP), čerpající z Ročního hlášení o produkci a nakládání s odpady, podávaného odpadovými hospodáři. Údaje ministerstva sbírá česká informační agentura životního prostředí (CENIA), která ISOH i ISPOP provozuje. Výhodou ministerských údajů je větší počet respondentů než u ČSÚ. [5] [56] [57]

Poskytované údaje mají sloužit k plnění strategie Plánu odpadového hospodářství ČR, Politice druhotných surovin ČR a dalších reportingových závazků vůči EU, resp. Eurostatu (statistický úřad pro Evropskou unii). V ideálním případě by se měli sjednotit jednotlivá metodická měření a reporting ohledně produkce, nakládání a odstraňování odpadů u všech orgánů a úřadů k tomu sloužících, nebo by se data měla alespoň navzájem doplňovat. [58]

Evropská unie se řídí daty statistického úřadu, pracujícího podle metodiky Eurostatu. K tomuto faktu se přiklání i tato práce a bude pracovat převážně s čísly právě z ČSÚ, jako oficiálním orgánem statistické služby. Pokud by se údaje v následujících odstavcích o bilanci odpadů v ČR



kombinovaly, způsobovalo by to a nadbytečné kvantum informací, kterými by se mohla detailněji zabývat rozsáhlejší práce. Nicméně i údaje MŽP je třeba mít na mysli.

### 5.1 Celková produkce odpadů

Český statistický úřad od roku 1992 každoročně vyhodnocuje data o produkci, využití a odstranění odpadů. Tyto údaje se vztahují na podnikový a komunální odpad. Navíc se zabývají i detailnějším rozbohem odpadů uvedených v Katalogu odpadů. [59]

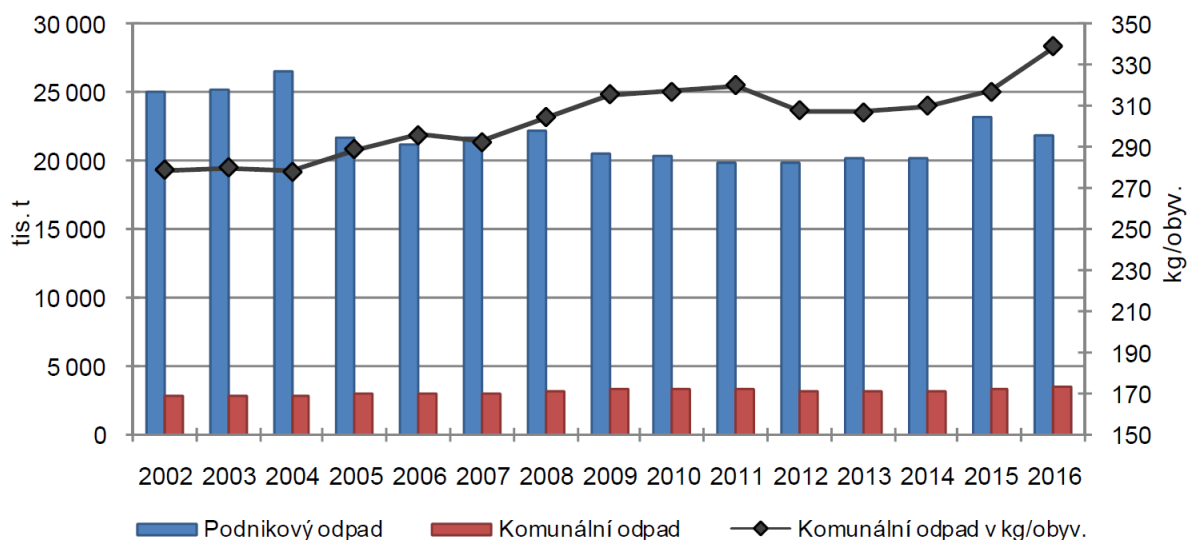
Podle statistického šetření ČSÚ bylo v ČR v roce 2016 celkově vyprodukováno 25,8 milionu tun všech odpadů. V roce 2015 vyprodukovaný odpad činil 26,9 milionu tun, což činí pokles o 4,4 %. Podíl nebezpečného odpadu v roce 2016 tvořil 4,3 % celkové produkce. Toto množství kleslo o 3,2 % oproti roku 2015. [54]

Od roku 2002 celková produkce poklesla zejména ve vztahu k podnikovým odpadům. Naopak přibýlo KO, zejména sbíraných složek na úkor odpadů z komunálních služeb (odpady z čištění ulic, odpadkové koše). Podrobnější data v průběhu vybraných let ukazuje *tabulka 5.1*.

*Tabulka 5.1 Produkce odpadů v České Republice ve vybraných letech [54]*

	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2015	2016
<b>Produkce odpadů celkem [tis. t]</b>	<b>28 178</b>	<b>29 425</b>	<b>24 627</b>	<b>25 869</b>	<b>24 124</b>	<b>23 436</b>	<b>26 947</b>	<b>25 758</b>
z toho:								
<b>z podniků [tis t.]</b>	<b>24 959</b>	<b>26 584</b>	<b>21 264</b>	<b>22 244</b>	<b>20 423</b>	<b>19 939</b>	<b>23 247</b>	<b>21 802</b>
v tom:								
nebezpečné	1 290	1 424	1 290	1 505	1 358	1 474	1 116	1 082
ostatní	23 670	25 160	19 974	20 739	19 065	18 464	22 131	20 720
<b>komunální odpad [tis. t]</b>	<b>2 846</b>	<b>2 841</b>	<b>3 039</b>	<b>3 176</b>	<b>3 334</b>	<b>3 233</b>	<b>3 337</b>	<b>3 580</b>
z toho:								
běžný svoz	2 122	2 206	2 305	2 283	2 390	2 196	2 070	2 094
svoz objemného odpadu	290	245	284	362	352	313	309	348
odpady z komunálních služeb	266	122	123	77	63	57	61	58
odděleně sbírané složky	166	268	327	454	529	448	485	519
z toho:								
papír	-	-	-	-	-	148	156	162
sklo	-	-	-	-	-	113	120	127
plasty	-	-	-	-	-	101	118	128
kovy	-	-	-	-	-	41	30	27
z toho:								
BRKO	-	-	-	-	-	1 506	1 647	1 817
<b>komunální odpad [kg/obyv.]</b>	<b>279</b>	<b>278</b>	<b>296</b>	<b>305</b>	<b>317</b>	<b>308</b>	<b>317</b>	<b>339</b>

Přestože celková produkce odpadů spíše klesá, komunálních odpadů je stále víc. Navíc, jak si lze všimnout na *obrázku 5.3*, tak na jednoho člověka připadlo za rok 2016 o 22 kg víc KO, než tomu bylo předchozí rok, tedy 339 kg. To je suverénně nejvyšší meziroční nárůst a hodnota v období 2002–2016.



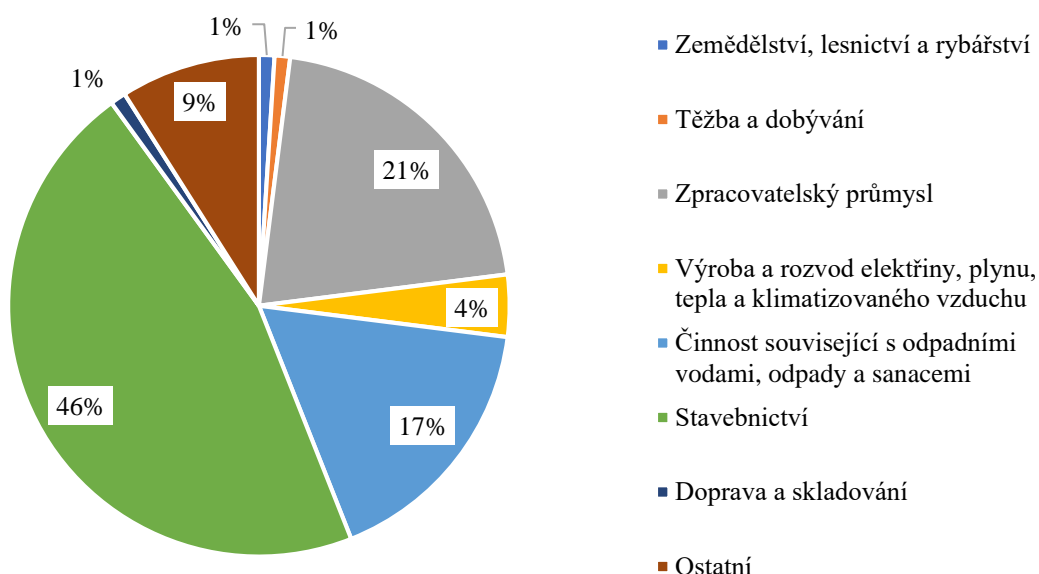
Obrázek 5.3 Graf vývoje produkce odpadů v ČR [59]

Celková produkce odpadů závisí zejména na ekonomické situaci v zemi. V případě dobré ekonomické kondice stát, firmy a občané více investují a nakupují, čímž vytváří podmínky ke zvýšené produkci odpadů. Paralelně tomu je v době slábnoucí ekonomiky, jako tomu bylo během ekonomické krize v období 2008-2012, kterou lze vypořádat na obrázku 5.3 z poklesu produkce podnikového odpadu.

## 5.2 Podnikový odpad

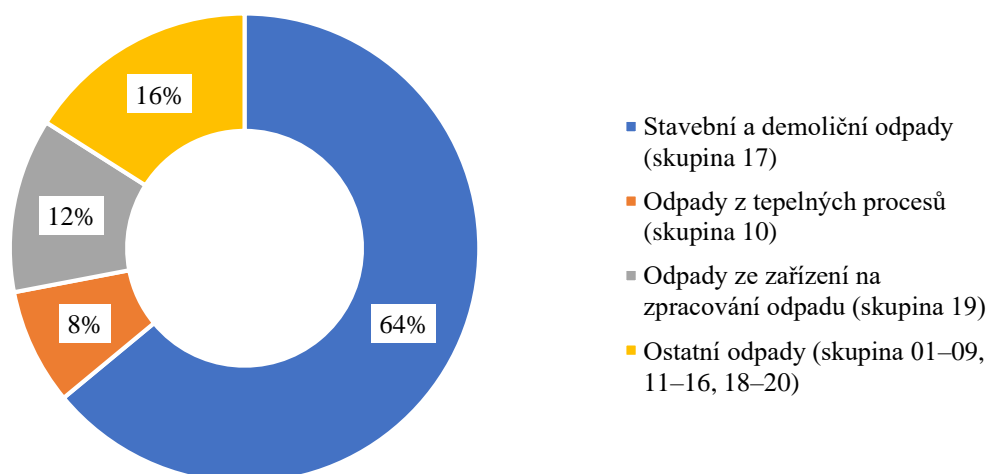
Hlavním původcem odpadů v ČR jsou podniky (ekonomické subjekty), jejichž ekonomická činnost se klasifikuje dle mezinárodní metodiky Eurostatu CZ-NACE. Z celkové činnosti zjišťovaných subjektů vzešlo v roce 2016 bezmála 21,8 milionu odpadu, což je 84,6 % celkové produkce odpadů v ČR. Oproti roku 2015 tak produkce klesla o 6,2 %. Nebezpečný odpad z podniků tvořilo 1 082 tisíc tun, tedy drtivou většinu odpadů tohoto typu z celkového množství. [54] [59]

Největší nárůst produkce odpadů dle činnosti zaznamenaly firmy podnikající v dopravě a skladování (o 11 %). Příčinou bylo velké množství stavebních zakázek spojených s investicemi státu do infrastruktury, v rámci čerpání dotací Evropské unie. Výrazný pokles (o 23,7 %) zaznamenaly energetické podniky zabývající se výrobou a rozvodem elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu. Tento pokles byl způsoben vyřazením některých odpadů z režimu odpadů (některé druhy popílku) a menší produkcí stavebních odpadů. Pokles o 10,3 % (o 1,2 milionu tun) oproti roku 2015 zaznamenaly stavební firmy, které jsou i přesto v celkovém poměru špičkou s téměř poloviční produkcí podnikových odpadů dle ekonomické činnosti. [59]



Obrázek 5.4 Produkce podnikových odpadů podle odvětví činnosti původce odpadu v roce 2016 [54]

Hlavní složkou podnikového odpadu, dle Katalogu odpadů, tvořil z 64 % stavební a demoliční materiál. Tento podíl činil 13,9 milionu tun s obsahem převážně zeminy, kamení, železa, oceli a betonu. Odpadů vzniklých v zařízeních na úpravu a zpracování odpadů bylo 12 % (např. odpady ze spalování odpadů). Odpady z tepelných procesů – zahrnují zejména odpady ze spalovacích zařízení a odpady z průmyslu zpracovávající železo, ocel a další kovy – tvořily 8 %. Kategorie „Ostatní“ v sobě zahrnuje odpady ze zemědělství, zdravotnictví, ze zpracovatelského průmyslu (úprava dřeva, ropy, výroba chemikálií) atd. Jsou zde započteny i odpady podobné komunálním odpadům. [54]



Obrázek 5.5 Produkce podnikových odpadů podle druhu odpadů (Katalogu odpadů) v roce 2016 [54]

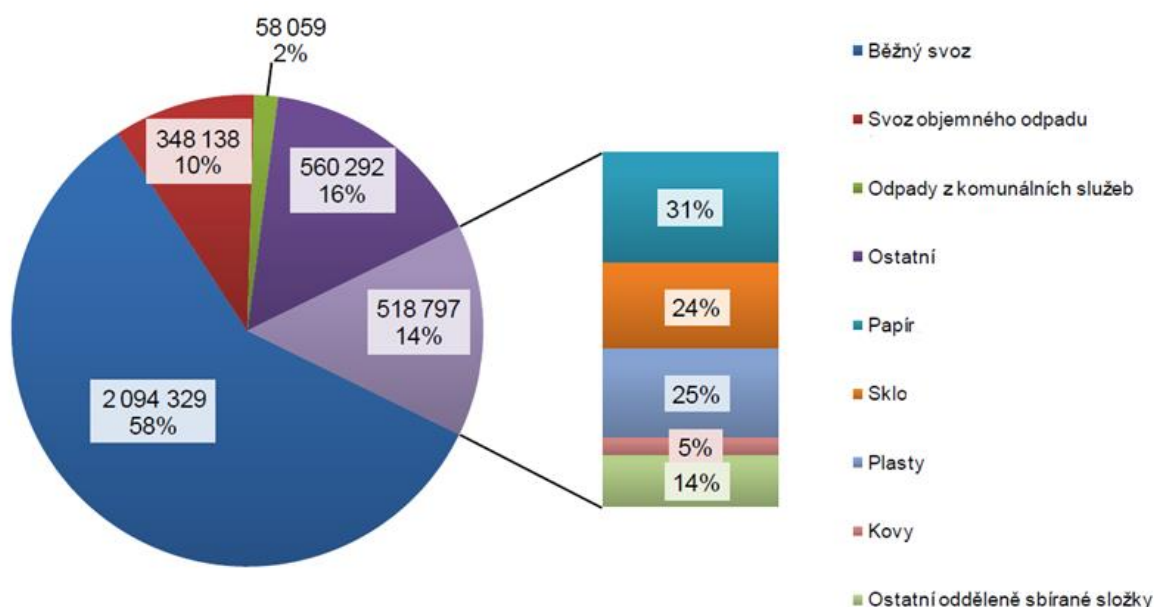
Většina podnikového odpadu pocházelo jen ze zlomku podniků, které produkují více jak 10 tisíc tun zbytkového materiálu ročně. V číslech se jednalo o 322 společností, které zajišťovaly 74 % veškeré této produkce, z celkového počtu 12 840 zjišťovaných podniků. Při větším

počtu respondentů, zahrnující i menší podnikatele, by mohla být data o něco přesnější a nemusely by se matematicky dopočítávat. [59]

### 5.3 Odpady z obcí – komunální odpad

K roku 2016 bylo v obcích vyprodukováno 4 miliony tun odpadů. Oproti předchozímu roku tak vzrostla produkce o 7 %. Dominantní složkou v této skupině tvořily komunální odpady (90 %), zbytek tvořily odpady ze stavebnictví, autovraky, elektrická a elektronická zařízení atd. [54]

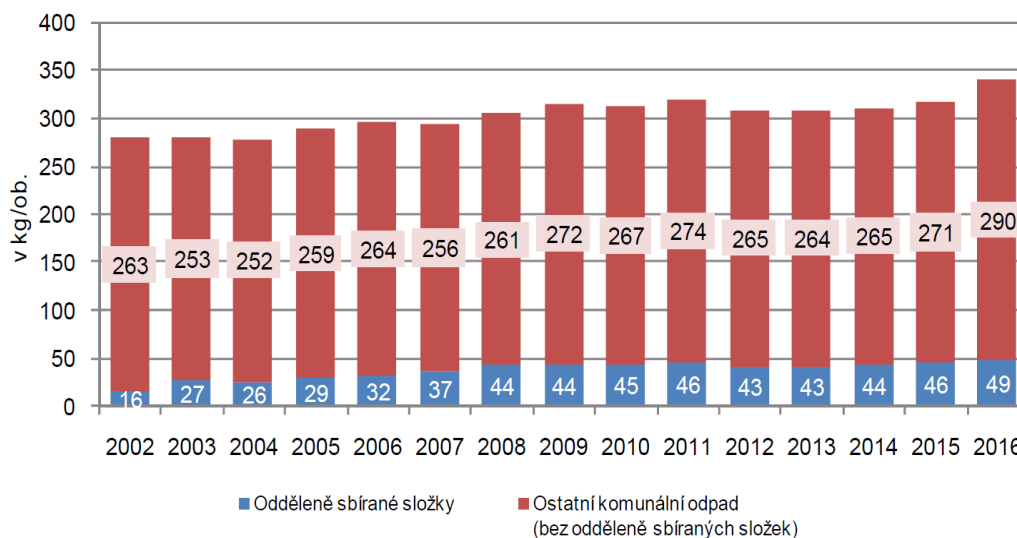
Pokud se zaměříme výhradně na komunální odpad tak lze konstatovat, že ke sledovanému roku ho bylo vyprodukováno 3,6 milionu tun, což činilo na jednoho obyvatele ČR 339 kg. Z této produkce tvořilo 58 % směsný komunální odpad (běžný svoz), který je dominantní složkou paliva v ZEVO. Dále tvořilo KO 14 % vytríděných odpadů (sklo, papír, plasty, kovy) a 10 % objemných. Odpady z komunálních služeb se rozumí odpady z čištění ulic, odpadkových košů apod. [54]



Obrázek 5.6 Komunální odpad dle způsobu svozu v roce 2016, v tunách [54]

Další závěry vyplívají z obrázku 5.7 *Vývoj a produkce komunálního odpadu*. Zde si lze všimnout, že produkce komunálního odpadu od roku 2002 mírně roste, z toho vytríděné složky stouply z 16 kg v roce 2002, na 49 kg na osobu k roku 2016. Toto množství tvořilo z 15 kg papír, 12 kg sklo, 12 kg plastů, 3 kg kovů a 7 kg ostatních odpadů [54]. Tato skutečnost potvrzuje trend recyklace u občanů. Vysoký nárůst recyklace je také příčinou dlouhodobě vedené „recyklační“ politiky, vyšším výskytem barevných popelnic a celkově šetrnějším zacházením a uvědomění si životního prostředí.

Absolutní produkce KO se odráží od finanční situace a životní úrovně, v které se občané nachází. V posledních letech se ekonomická situace zlepšuje, roste tedy konzumní způsob života. Naopak mezi lety 2011–2012 lze pozorovat pokles produkce KO, v reakci na světovou ekonomickou krizi z roku 2008.



Obrázek 5.7 Vývoj produkce komunálních odpadů [59]

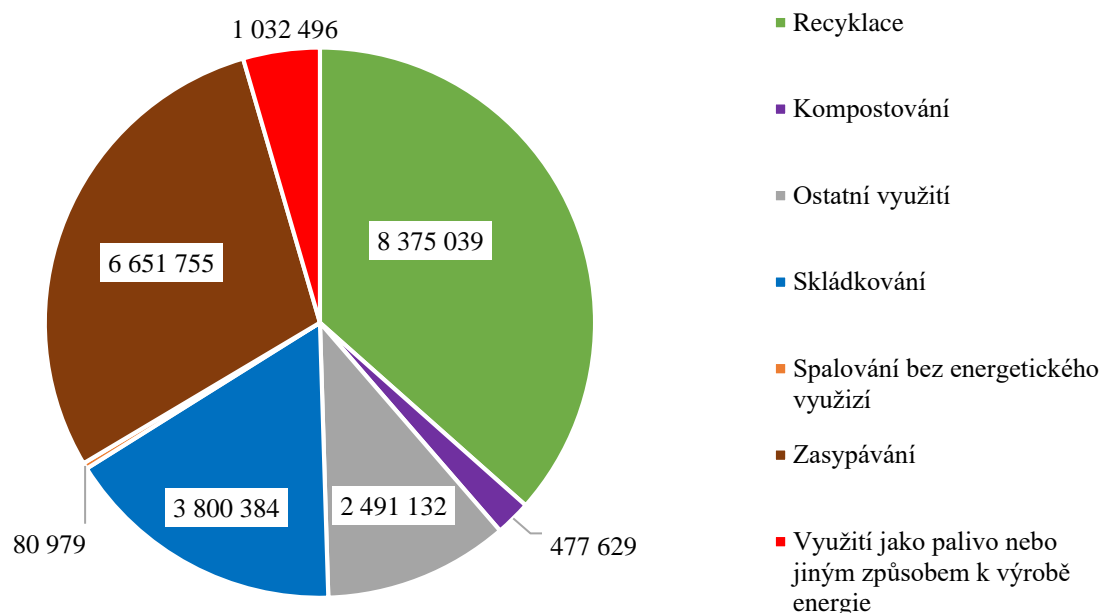
#### 5.4 Nakládání s odpady

Způsoby nakládání s odpady jsou detailněji rozebrány v kapitole 1.3 *Hierarchii nakládání s odpady*, obecně je však lze rozdělit na využívání a odstraňování. Je také nutno poznamenat, že množství odpadů určených k nakládání je vyšší než množství jich vyprodukovaných. Tato skutečnost je způsobena dovozem ze zahraničí, plus využitím dlouhodobě skladovaných odpadů. Množství také nabývá s vícenásobným využitím a předáváním mezi subjekty. [54]

V roce 2016 bylo v České Republice nakládáno s 34,5 miliony tunami odpadu, z toho 19 milionu tun bylo využito. Přes jeden milion tun odpadů, včetně TAP a nebezpečných odpadů, se využilo jako palivo v zařízeních EVO (zhruba  $\frac{3}{4}$ ), ve spalovnách nebezpečného odpadu, ve vápenkách a cementárnách. 6,7 milionu tun, zejména vytěžené zeminy a stavebních nebo demoličních odpadů, posloužilo jako zásypový materiál<sup>12</sup>. Recyklováno bylo 8,4 milionu separovaných složek a zhruba půl milionu biologicky rozložitelných odpadů bylo kompostováno. Zbytek odpadů – 1,4 milionu tun – byl využit k jiným účelům. [54] [59] [60]

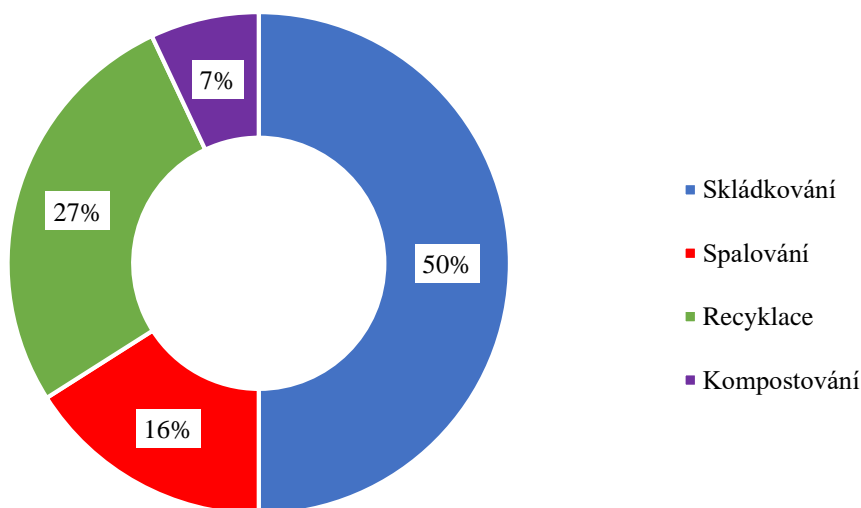
Celkové množství odstraněných odpadů činilo téměř 3,9 milionu tun. Z toho bylo 3,8 milionu tun skládkováno a 81 tisíc tun spáleno bez energetického využití. Po sečtení získaných údajů z využití a odstraňování se hodnota dostává zhruba k 23 milionu tunám. Chybějící množství do celkových 34,5 milionu se přisuzuje pohybům na trhu, popsáných v prvních odstavci této kapitoly (5.4 *Nakládání s odpady*). Pro představu mezinárodního pohybu vzhledem k ČR poslouží informace, že import odpadů do země činil 2,2 milionu tun odpadu z 99 % pocházející z členských zemí EU. Exportováno bylo 2,9 milionu tun zejména do členských zemí EU (96 %). [18] [54]

<sup>12</sup> Zásypový materiál je odpad vhodný jako náhrada za „materiál, který není odpadem, pro zásyp výkopu nebo pro stavební účely při úpravách krajiny“ [61]



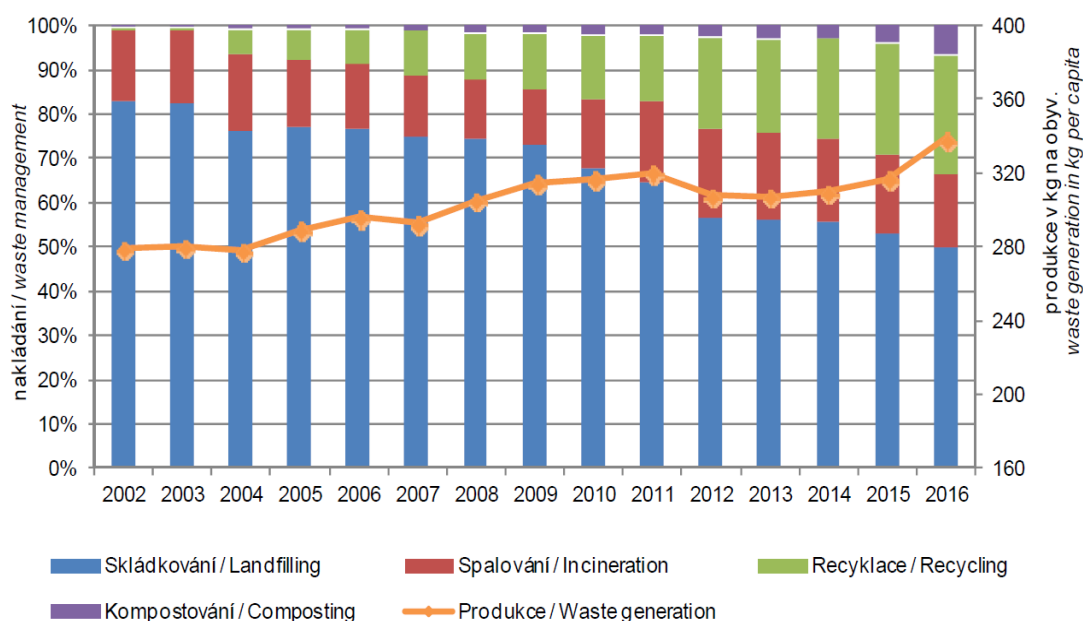
Obrázek 5.8 Nakládání s odpady podle mezinárodní klasifikace v roce 2016, v tunách [54]

I přestože množství skládkovaných komunálních odpadů v celkovém poměru dlouhodobě klesá, v roce 2016, oproti roku 2015, jejich absolutní množství slouplo. To je způsobeno zvýšenou produkcí KO. Dále ve sledovaném roce pokleslo o 2,3 % energetické využití. To ale může být důvodem zvýšeného podílu výhrevných materiálů v komunálním odpadu, které udává např. ZEVO Brno, a které se i v poklesu energeticky využívaných odpadů v brněnské a liberecké spalovně v roce 2017 potvrdilo. I přesto, že se energeticky využije méně odpadů, nemusí nutně znamenat, že se vyrobí méně energií. V takovém případě se nechává odpadu v zásobníku ZEVO k pozdějšímu využití. Výrazný nárůst zaznamenala recyklace a kompostování, které narostlo o 34,2 %. V celkovém součtu nakládání s komunálními odpady činilo skládkování 50 %, spalování 16 %, recyklace 27 % a kompostování 7 %. [54] [62] [63] [64]



Obrázek 5.9 Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2016 [54]

Vzhledem k dlouhodobě zvyšujícímu se zájmu občanů o recyklaci a kompostování, není nutno předpokládat pokles těchto hodnot. Co se týče spalování odpadů, resp. energetického využití, je situace do budoucna zajímavější. V provozu je sice nové ZEVO v Chotíkově u Plzně a množství takto využitých odpadů by se mělo zvýšit, jeho poměrný podíl však bude záviset na ostatních způsobech nakládání a na tom, jak budou pokračovat projekty na výstavbu nových spaloven. Navíc díky výhřevným složkám na trhu, není nutné spalovat tolik. Výrazné změny při nakládání s KO lze očekávat kolem roku 2024, kdy má podle POH ČR vejít v platnost zákaz skládkování materiálůve a energeticky využívaných frakcí. Důležitou úlohu bude mít dlouho očekávaná novela zákona o odpadech. Detailněji nakládání s odpady v průběhu let ukazuje *obrázek 5.10* a *tabulka 5.2*.



Obrázek 5.10 Produkce a nakládání s komunálními odpady [54]

Tabulka 5.2 Nakládání s komunálními odpady ve vybraných letech; v tunách [54]

	2006	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Nakládání s KO celkem</b>	<b>615 934</b>	<b>1 404 775</b>	<b>1 413 130</b>	<b>3 260 580</b>	<b>3 337 335</b>	<b>3 579 614</b>
z toho:						
Skládkování	2 043 289	1 827 868	1 815 103	1 826 974	1 755 438	1 789 366
Využití jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie	390 620	651 563	628 413	600 147	585 784	584 159
Spalování bez energetického využití	1 607	2 834	2 696	4 008	4 012	3 865
Recyklace	200 603	665 279	685 920	736 022	850 907	957 598
Kompostování	23 104	85 099	96 101	93 429	141 194	244 626



### 5.5 Bilance odpadů v krajích

Množství produkovaného odpadu v krajích se odvíjí od počtu obyvatel, množství a typu podniků a dostupnosti kraje k financím. Zásadní vliv mají přitom velká města. *Tabulka 5.3* ukazuje, jak největší město České Republiky, Praha, s množstvím obyvatel nad jeden milion a vysokým množstvím ekonomických subjektů, produkovala téměř dvakrát až třikrát víc podnikových odpadů než srovnatelně zalidněné kraje. Důvodem jsou i vyšší platy, a tedy vyšší úroveň života. Na vysoké produkci podnikových odpadů se významně podílely i další bohatší a pro podniky atraktivní kraje (Jihomoravský, Středočeský, Plzeňský) Vysoký podíl produkce zajistil i Moravskoslezský a Ústecký kraj, s četností těžebních společností, hutí apod...

*Tabulka 5.3 Produkce podnikových odpadů podle krajů v roce 2016 podle sídla podniku [54] [65]*

ČR, kraj	Počet obyvatel	Produkce podnikových odpadů celkem [t]	v tom:	
			Nebezpečné [t]	Ostatní [t]
<b>Česká republika</b>	<b>10 578 820</b>	<b>21 801 816</b>	<b>1 081 842</b>	<b>20 719 974</b>
v tom:				
Hl. m. Praha	1 280 508	5 950 042	235 084	5 714 958
Středočeský	1 338 982	1 818 642	114 833	1 703 810
Jihočeský	638 782	1 548 826	43 104	1 505 722
Plzeňský	578 629	1 782 794	26 084	1 756 710
Karlovarský	296 749	176 078	12 919	163 159
Ústecký	821 377	1 459 487	88 189	1 371 298
Liberecký	440 636	429 031	60 939	368 093
Královéhradecký	550 804	495 272	19 344	475 928
Pardubický	517 087	798 419	61 390	737 029
Kraj Vysočina	508 952	481 678	42 775	438 903
Jihomoravský	1 178 812	2 811 180	119 001	2 692 179
Olomoucký	633 925	599 504	24 518	574 986
Zlínský	583 698	849 067	59 064	790 003
Moravskoslezský	1 209 879	2 601 796	174 598	2 427 197

Co se týče průmyslového odpadu, v této statistice se jedná o odpad ze zpracovatelského průmyslu<sup>13</sup>, tak největší část vyprodukoval Moravskoslezský kraj, mimo jiné díky četné slévárenské činnosti. Nemalá produkce pochází také z Prahy, Ústeckého a Středočeského kraje, kde je velký počet chemických závodů. Právě množství průmyslových podniků bývá i příčinou zvýšených smogových situací. Minimální původce průmyslových odpadů je Karlovarský kraj, který se i díky malé imisní zátěži řadí mezi lázeňská města, a dá se tedy usuzovat, že je zde malý počet průmyslových podniků, tedy producentů průmyslových odpadů.

Při srovnání *tabulky 5.4* s předchozí *tabulkou 5.3* si lze všimnout, že produkce KO roste s množstvím obyvatel v kraji. Nicméně si je nutno všimnout hodnoty produkce komunálního odpadu v kilogramech na obyvatele. Například v hlavním městě Praze a Jihomoravském kraji, tedy v krajích s četnou populací, se vyprodukovalo poměrně málo KO na obyvatele. Jako opak

<sup>13</sup> Zpracovatelský průmysl – slévárnictví, sklářství, výroba cementu, pivovarnictví, železniční průmysl, chemický průmysl, potravinářský průmysl, papírenský průmysl, výroba nábytku ... [66]



může posloužit např. Kraj Vysočina, která s téměř polovinou obyvatel, co JMK a PHA, vyprodukuje o téměř 60 kg víc komunálního odpadu na obyvatele. Jedním z důvodů se může jevit skutečnost, že v prvních dvou zmíněných krajích se nachází velká města (Praha, Brno), kde lidé žijí z velké části v sídlištní zástavbě bez zahrad. Na Vysočině převažují menší obce a rodinné domy. Je tedy možné usuzovat, že zdejší odpad bude bohatý na zeminu a další odpady spojené s údržbou zahrad.

Množství sbíraných složek závisí na politice (strategii) krajů a obcí k třídění odpadu, přístupu k recyklačním (barevným) kontejnerům a velikosti obce... Nejmenší podíl tříděných složek má Liberecký kraj, kde je taky nejmenší množství KO na hlavu.

Tabulka 5.4 Množství produkováných průmyslových a komunálních odpadů v krajích; 2016 [54]

ČR, kraj	Průmyslové odpady [t]	Průmyslový odpad [kg/obyv.]	Komunální odpad [t]	Komunální odpad [kg/obyv.]	Odděleně sbírané složky [kg/obyv.]
<b>Česká republika</b>	<b>4 670 646</b>	<b>442</b>	<b>3 579 614</b>	<b>339</b>	<b>49</b>
v tom:					
Hl. m. Praha	385 110	303	393 515	309	53
Středočeský	577 152	433	529 175	397	49
Jihočeský	259 463	406	237 458	372	54
Plzeňský	285 495	494	190 830	330	53
Karlovarský	38 764	130	100 816	339	43
Ústecký	400 768	487	285 872	348	43
Liberecký	144 206	328	132 899	302	38
Královéhradecký	216 318	392	167 767	304	49
Pardubický	170 302	330	171 452	332	49
Kraj Vysočina	225 182	442	186 700	367	56
Jihomoravský	345 367	293	364 094	309	42
Olomoucký	190 404	300	222 118	350	46
Zlínský	201 677	345	183 297	314	63
Moravskoslezský	1 230 439	1 016	413 620	341	50

## 6 Balance odpadů v Evropě

Celoevropský sběr dat statistiky odpadů zajišťuje statistický úřad Evropské unie – Eurostat. Avšak vzhledem k tomu, že kvantum informací ke zpracování je vysoké, jsou získaná ucelená data publikována s výraznějším zpožděním. V České Republice je celková statistika odpadů poskytována zpravidla v listopadu následujícího roku. Eurostat publikuje data celkové produkce odpadů zhruba po třech a půl letech (v sudých letech). V případě způsobu nakládání s komunálními odpady jsou to 2–3 roky. Tato data jsou průběžně aktualizována. Přesnost údajů je dána legislativou (definicí odpadu, KO apod.), počtem respondentů a statistickou metodikou. Zde se můžeme dostávat k podobnému konfliktu jako u údajů z ČSÚ a MŽP (viz. kapitola 5 *Balance odpadů v České Republice*).

Celková produkce evropské osmadvacítky (EU-28) v roce 2014 podle Eurostatu (*tabulka 6.1*) činila téměř 2,5 miliardy tun odpadu. To je skoro 5 tun na jednoho obyvatele Unie. Mezi největší producenty patří Německo, Francie a Velká Británie. Nejvyšší podíl na hlavu pak připadl na Bulharsko, Finsko a Švédsko (těžba dřeva) a Estonsko (těžba ropné břidlice). [67]

Nakládání s komunálními odpady se v rámci Evropy značně liší podle ekonomiky a strategie odpadového hospodářství. Z *obrázku 6.1* – doplněného o *tabulku 6.2* –, který pracuje s poměrnými hodnotami průměrné produkce komunálního odpadu na jednoho obyvatele v dané zemi, vyplívá, že hospodářsky vyspělé státy (Švýcarsko) a státy s cílenou politikou ochrany životního prostředí (Německo), téměř neskládkují<sup>14</sup>. Naopak ho energeticky využívají nebo recyklují. Je třeba si všimnout, že jde zejména o státy západní Evropy. Státy bývalého východního bloku a ekonomicky zaostalejší země komunální odpad příliš nevyužívají a převládá u nich skládkování. Zářným příkladem a inspirací pro tyto země je Estonsko a Litva, kde energetické a materiálové využití v posledních letech jasně dominuje. Česká Republika se pohybuje v horší polovině a má tedy co dohánět.

---

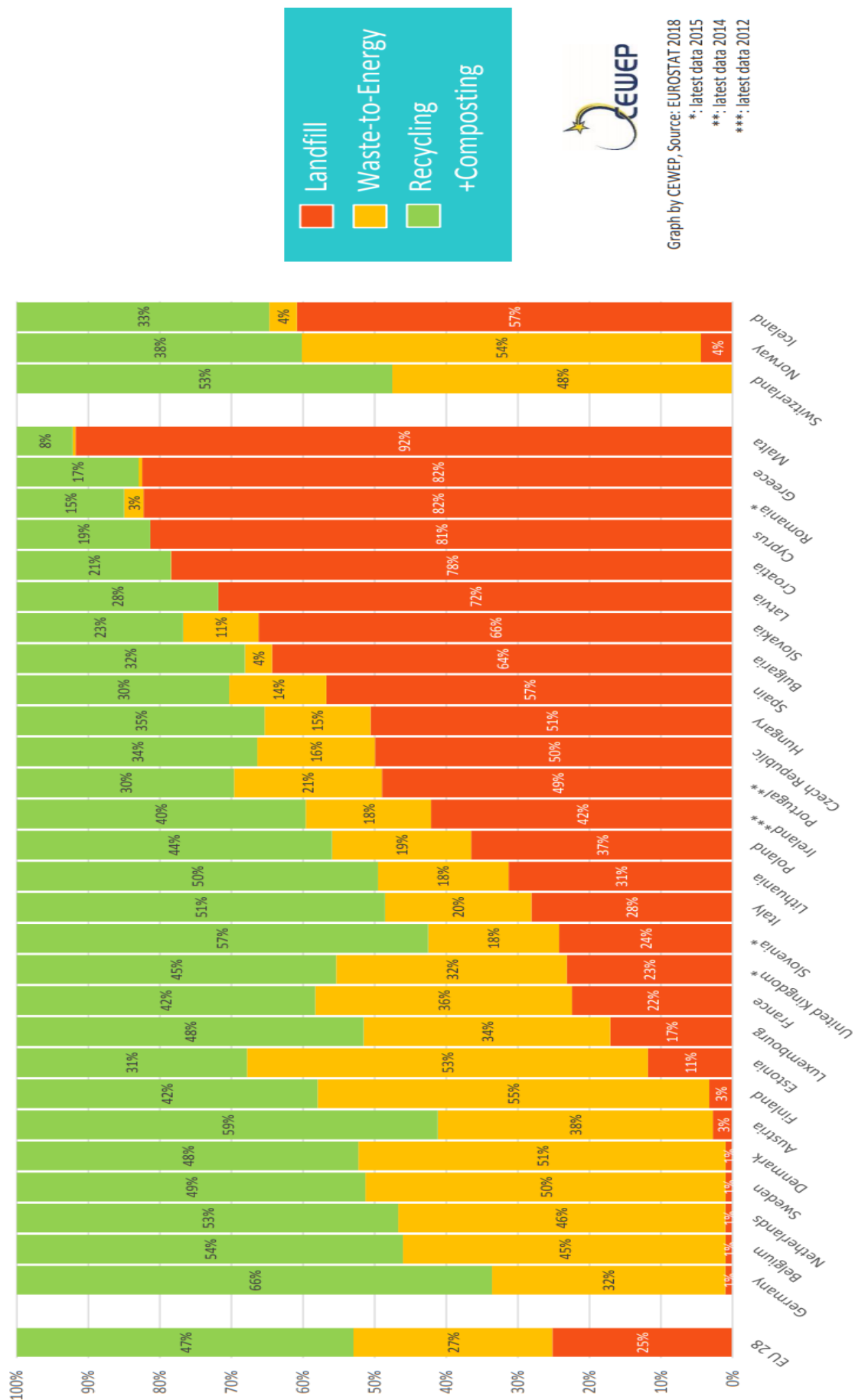
<sup>14</sup> Švýcarsko neskládkuje žádný komunální odpad

Tabulka 6.1 Celková produkce odpadů v EU; 2014  
[67]

	Celková produkce	
	[mil. t]	[kg/obyv.]
<b>EU-28</b>	<b>2 494,7</b>	<b>4 915</b>
Belgie	56,4	5 025
Bulharsko	179,7	24 872
Česká Republika	23,4	2 223
Dánsko	20,1	3 558
Německo	387,5	4 785
Estonsko	21,8	16 587
Řecko	69,8	6 404
Španělsko	110,5	2 378
Francie	324,5	4 913
Chorvatsko	3,7	879
Itálie	159,1	2 617
Kypr	2,1	2 406
Lotyšsko	2,6	1 315
Litva	6,2	2 114
Lucembursko	7,1	12 713
Maďarsko	16,7	1 688
Malta	1,7	3 896
Nizozemsko	133,2	7 901
Rakousko	55,9	6 541
Polsko	179,2	4 714
Rumunsko	176,3	8 857
Slovinsko	4,7	2 273
Slovensko	8,9	1 636
Finsko	96,0	17 572
Švédsko	167,0	17 226
Velká Británie	251,0	3 885
Island	0,8	2 441
Norsko	11,7	2 283

Tabulka 6.2 Produkce KO v Evropě; 2016  
[68]

	Celková produkce	
	[tis. t]	[kg/obyv.]
<b>EU-28</b>	<b>246 320</b>	<b>482</b>
Belgie	4 757	420
Bulharsko	2 881	404
Česká Republika	3 580	339
Dánsko	4 450	777
Německo	51 633	626
Estonsko	494	376
Řecko	5 354	497
Španělsko	20 585	443
Francie	34 143	510
Chorvatsko	1 680	403
Itálie	30 117	497
Kypr	545	640
Lotyšsko	802	410
Litva	1 272	444
Lucembursko	358	614
Maďarsko	3 721	379
Malta	283	647
Nizozemsko	8 848	520
Rakousko	4 928	564
Polsko	11 654	307
Rumunsko	5 136	261
Slovinsko	963	466
Slovensko	1 890	348
Finsko	2 768	504
Švédsko	4 393	443
Velká Británie	31 683	483
Island	220	656
Norsko	3 946	754
Švýcarsko	6 056	720



Obrázek 6.1 Nakládání s komunálními odpady v roce 2016 v EU 28, Švýcarsku, Norsku a na Islandu [69]

## 7 ZEVO v České Republice

K roku 2018 jsou v České Republice v provozu čtyři zařízení na energetické využití odpadů v Brně, Praze, Liberci a v Chotíkově u Plzně. Současná roční kapacita těchto ZEVO je na 769 tisících tunách, přičemž bylo v roce 2016 zde bylo energeticky využito 671 019 tun KO, převážně směsného. Pokud chce ČR dodržet Plán odpadového hospodářství, který stanovuje cíl energeticky využívat 1,4 komunálního odpadu za rok, musí být tato kapacita do roku 2024 navýšena alespoň na 1,5 milionu tun odpadu za rok. Podle odhadů je potenciální množství energeticky využitelných odpadů (zbytkového směsného odpadu, krom recyklovatelných a kompostovatelných složek) okolo 1,8–2,5 milionu tun. Cesta navýšení kapacity je rozšíření stávajících zařízení (Brno, Praha) a budování nových zařízení. V úvahu přichází i přestavba stávajících tepláren spalující hnědé uhlí na spalovny komunálního odpadu. [21] [70] [71]

Tabulka 7.1 Základní energetická bilance ZEVO v ČR; 2016

	Provozovatel ZEVO	Kapacita [t]	Spálený odpad [t]	Dodané teplo [GJ]	Dodaná elektřina[MWh]
Brno	SAKO Brno, a.s.	248 000	228 915	1 045 819	44 154
Praha	Pražské služby, a.s.	330 000	307 099	849 252	38 583
Liberec	TERMIZO, a.s.	96 000	97 422	648 000	16 000
Plzeň	Plzeňská teplárenská, a.s.	95 000	37 583	292 500	9 900
		<b>769 000</b>	<b>671 019</b>	<b>2 835 571</b>	<b>108 637</b>

Investiční náklady na výstavbu nového ZEVO se pohybují mezi 2–3 miliardami Kč, podle kapacity zpracování odpadu a podle technologie čištění spalin. Samostatná výstavba trvá zhruba 3 roky, plus administrativní úkony – jako je povolení stavby, posudek vlivu na životní prostředí proces, integrovaná povolení –, ale i protesty ekologických aktivistů a neznalých/neinformovaných občanů protahují proces ještě o dalších pár let. Použité technologie se navrhuji v souladu s nejlepší dostupnou technikou (BAT – z angl. Best Available Techniques), dle referenčních dokumentů pro spalování odpadů BREF. [72] [73]

### 7.1 ZEVO Brno

Spalovna odpadů v Brně má tradici, již od roku 1905, kdy původní zařízení sloužilo k výrobě elektrické energie a stalo se tak prvním zařízením svého druhu na území Rakousko-Uherské monarchie. Byla vybudována podle německého vzoru (Dortmund, Hannover), především kvůli hygienizace odpadů. Svému účelu sloužila do roku 1941 a v roce 1945 – před koncem druhé světové války – byla spojeneckými nálety vybombardována. Stavba nové spalovny započala až v roce 1984 a uvedena do provozu byla v roce 1989. Provozovatelem zařízení je společnost SAKO Brno, a.s.<sup>15</sup>, jejíž vlastníkem je město Brno. [74]

Zásadní rekonstrukce zařízení proběhla v roce 2008, po které došlo ke zlepšení environmentálních a ekonomických parametrů spalovny. Zpátky do plného provozu byla nasazena v roce 2011. Před rekonstrukcí SAKO vyrábělo a distribuovala pouze teplo do CZT města Brna, po rekonstrukci přešlo ke kombinované výrobě tepla a elektřiny (KVET). Rekonstrukce dále

<sup>15</sup> SAKO Brno, a.s. – Spalovna a komunální odpady Brno, akciová společnost

zajistila dodržování emisních limitů, zvýšení kapacity a účinnosti zařízení, snížení ztrát a zlepšilo se hospodaření s tuhými zbytky. Postavila se i nová dotřídňovací linka na separovaný odpad. [74] [75]

V současnosti má SAKO kapacitu 248 tisíc tun, která zajišťuje elektrickou energii 20 tisíců domácností a teplo 40 tisíců domácností (z celkových asi 96 000 domácností napojených na CZT s průměrnou spotřebou 32 GJ/rok). Závod disponuje dvěma parními kotly, každý o maximálním parním výkonu 55 tun přehřáté páry za hodinu, při spálení 16 tun odpadu za hodinu (min. parní výkon 45 t/h při spálení 8 tun odpadů za hodinu). Ve spalovací komoře se nachází pevný vratisuvný rošt typu MARTIN. K dispozici je kondenzační odběrová turbína o výkonu 22,7 MWe, umožňující provozování spalovny na optimální výkon i v obdobích s minimálním odběrem tepla. V létě SAKO zajišťuje, jako jediný zdroj, pokrytí dodávek tepla do celého Brna. Ostatní teplárenské provozy se tedy odstavují a mají možnost případných oprav. [23] [36]

Ve spalovně se v roce 2016 energeticky využilo 228 915 tun komunálního odpadu. Z tohoto množství bylo do Brna dodáno 1 045 819 GJ tepelné energie (vyrobena 2 200 927 GJ) a 44 154 MWh elektrické energie (vyrobena 61 232 MWh). Ze spalovacího procesu vyšlo za sledovaný rok 50 617 tun škváry. Z ní bylo odseparováno 4 425 tun železa a 323 neželezných kovů (měď). Nevyužitelného tuhého zbytku (tzv. end-produkt) bylo získáno 6 441 tun. [62]

Do budoucna spalovna počítá s vybudováním třetího kotle a navýšením kapacity až na 380 tisíc tun energeticky využitelného komunálního odpadu za rok. Vyprodukovaný odpad se v současnosti svází převážně z Brna a z Jihomoravského kraje, a částečně i z kraje Olomouckého, Zlínského, Moravskoslezského, Pardubického a z Vysočiny. [70]



*Obrázek 7.1 ZEVO Brno [76]*



## 7.2 ZEVO Praha

První pražská spalovna byla vybudována ve Vysočanech mezi lety 1930-1933. Provoz, který zahrnoval výrobu páry a elektřiny, začal v roce 1934. Navržené kotle zajišťovali podpůrné spalování práškového uhlí. Ačkoliv bylo postupem let zařízení rekonstruováno, nebyl jeho stav vyhovující a v roce 1997 byl provoz ukončen. [77]

Současná spalovna v pražských Malešicích pracuje od roku 1998 a podobně jako v Brně, i zde proběhla v roce 2011 modernizace v oblasti čištění spalin a přechodu na kogeneraci. Zařízení má nyní roční kapacitu 330 tisíc tun a disponuje parní turbínou o výkonu 17,6 MWe a čtyřmi kotli, každý o tepelném výkonu 116 MW, což za hodinu provozu zajišťuje spálení 16 tun odpadu a výroby 36 tun páry o teplotě 235 °C a tlaku 1,37 MPa. Malešická spalovna je vedena pod městskou společností Pražské služby, a.s., která v hlavním městě zajišťuje i svoz a recyklaci odpadů a údržbu komunikací. [37] [77] [78] [79]

V roce 2016 zde bylo energeticky využito 307 099 tun odpadu (oproti roku pokles o 7 tisíc tun). Tuhého zbytku po spalování, škváry, bylo po spálení odpadu získáno 68 610 tun, popílku se získalo 5 5647 tun. Kovošrotu se ze škváry vyseparovalo 3 950 tun. Barevné kovy se v Malešicích neseparují. Spáleným odpadem bylo zákazníkům dodáno 38 583 MWe elektřiny a 849 252 GJ tepla, díky čemuž ZEVO zajišťovalo zásobování elektřinou i teplem 18 000 domácností. V rámci Prahy se energeticky využívá asi 80 % celkového množství směsného komunálního odpadu. [80] [81]

Malešice se chystají na výstavbou pátého kotle, který má navýšit kapacitu asi o 100 tisíc tun směsných komunálních odpadů za rok. V rámci této rekonstrukce proběhne i zkvalitnění procesu čištění spalin a zlepšení škvárového hospodářství. Tento proces by měl trvat čtyři a půl roku a investice se bude pohybovat kolem 2,8 miliard korun. [82]



*Obrázek 7.2 ZEVO Malešice [83]*

### 7.3 ZEVO Liberec

Stavba spalovny v Liberci – patřící společnosti TERMIZO, a.s. – započala roku 1996 a v roce 1999 byl zahájen její provoz. Zařízení disponuje jednou spalovací linkou (s přesuvným roštem systému von Roll) o roční kapacitě 96 000 tun odpadů. Instalovaný elektrický výkon činí 4,5 MWe a tepelný výkon spalovny je 38,3 MWt. Podobně jako v Brně, tak i v Liberci zajišťuje spalovna v letních měsících dodávky tepla do celého města. [84] [85]

V roce 2016 TERMIZO energeticky využilo 97 422 tun odpadů. Z tohoto množství bylo do CZT Liberce dodáno 648 000 GJ tepla (roční spotřeby 12 400 domácností), což činí zhruba polovinu celkové spotřeby města. Vyrobená elektrická energie pokryla chod zařízení, a zároveň zajistila dodávky 16 000 MWh do veřejné sítě (roční spotřeba elektřiny 6 000 domácností). Energetické produkty spalování tvořilo 30 060 tun škváry, z které se získalo 28 570 tun certifikovaného využitelného produktu z popelovin, zde označovaného jako SPRUK. Ze škváry bylo odseparováno 928 tun železného šrotu. Součástí procesu bylo za rok získáno i 562 tun nebezpečných tuhých částic z filtračního koláče a 26 tun nebezpečného popílku. [63]

Množství odpadů, které se v liberecké spalovně spálí, často přesahují hranici kapacity zařízení. Případné rozšíření je však spíše nerealizovatelné, protože spalovna stojí v zastavěné zóně. [71]



Obrázek 7.3 ZEVO Liberec<sup>16</sup> [86]

### 7.4 ZEVO Plzeň

Plzeňská spalovna společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. se nachází v Chotíkově u Plzně a jedná se o nejmladší ZEVO v České Republice, které se svým vzhledem přibližuje světovému trendu nápaditého designu. Zkušební provoz byl zahájen 12. 8. 2016. Výstavbu provázely (a stále provázejí) táhlé spory ze strany ekologických aktivistů. Důsledkem je k roku

<sup>16</sup> Vysoký pruhovaný komín (vlevo) patří liberecké teplárně



2018 stálá absence kolaudace, tyto protesty by měly být pouze symbolické, vzhledem k ověřeným efektivním systémům čištění spalín. Podobné spory ostatně provázejí většinu podobných projektů. [87]

Celková kapacita 95 000 t/rok by měla podle Plzeňské teplárenské počítat s ročním ušetřením 75 000 tun hnědého uhlí. Chotíkov disponuje jednou kondenzační odběrovou turbínou o elektrickém výkonu 10,5 MWe a jedním kotlem o tepelném výkonu 31,65 MWt. Předpokládá se s ročními dodávkami 400 000 GJ tepelné energie a 36 000 MWh elektrické energie. [88][89]

Od zahájení provozu zde bylo do konce roku 2016 (tzn. necelých 5 měsíců) energeticky využito 37 583 tun odpadu (z toho 74 % směsný komunální odpad a 14 % objemný odpad). Vedlejší energetické produkty po spalování tuhého odpadu tvořilo 16 465 tun škváry – ze které se vyseparovalo 1 048 tun železného šrotu –, 1 522 tun popílku (nebezpečného) a 124 tun filtračního koláče (nebezpečného). Dodávka tepla činila 292 500 GJ a dle údajů z Energetického regulačního úřadu tvořilo plzeňskou dodávku elektřiny z BRKO 9 900 MWh. [89] [90]

Pro představu ročního zkušebního provozu v období 12. 8. 2016 – 11. 8. 2017 poslouží informace poskytnuté vedením zařízení. V tomto období bylo energeticky využito 94 655 tun SKO. Výroba tepla činila 714 725 GJ a dodávky tepla 221 568 GJ, přičemž by se dodávané množství mělo podle plánů navýšit. Elektřiny bylo vyrobeno 42 843 MWh, při dodávkách 32 331 MWh. Toto množství tedy téměř odpovídá vytýčenému cíli.



*Obrázek 7.4 ZEVO Plzeň [91]*

## **7.5 Budoucnost ZEVO v ČR**

V České Republice byla nebo je řada ambiciózních projektů týkající se výstavby nových ZEVO. Ty však brzdí nepříznivá legislativa a s tím spojený nezájem investorů budovat technologicky náročná a drahá zařízení bez finanční podpory. Další problémy vznikají při různých referendech, protestech ekologických sdružení a občanů, ať už neinformovaných/neznalými nebo právě ekologickými aktivisty ovlivněnými. Aby byl splněn cíl POH ČR k energetickému využívání 1,4 milionu tun odpadů za rok, je stavba nových ZEVO nezbytným krokem.

Jedním z projektů, které se uskuteční, je ZEVO Mělník ve Středočeském kraji, ten je nejlidnatějším krajem v ČR a také největším původcem KO. Investorem je skupina ČEZ a závod má stát v areálu současné elektrárny Mělník, kde stojí i teplárna zásobující teplem Prahu,

Mělník a Neratovice. Kapacita se bude pohybovat okolo 320 000 tun směsného komunálního odpadu. Podmínkou výstavby je vybudování obchvatů kolem obcí. Projekt prochází hodnocením vlivu na životní prostředí (EIA). [26] [92]

Plánovaná ústecká spalovna EVO Komořany, a.s., budovaná ve spolupráci se společností United Energy, a.s., bude stát v Komořanech u Mostu ve stávajícím objektu tepelárny. S plánovanou kapacitou 150 000 tun má již stavební povolení, integrované povolení IPPC (např. o zákazu dovozu ze zahraničí) a kladný posudek na životní prostředí EIA (včetně dopravního posouzení). Odpad bude svážen z Teplic, Bíliny, Mostu, Chomutova a dalších dalších partnerských obcí. Započetí výstavby však čeká na příznivější legislativní podmínky... [93] [94] [95] [96]

Kapacitou 20 000 tun SKO za rok se bude pyšnit ZEVO Cheb, firmy TEREA Cheb s.r.o. Bude sloužit chebskému regionu, kde se ročně vyprodukuje 32 000 tun komunálních odpadů. [97][98]. Využívání SKO v menším množství se nebrání ani Přerov, kde by se měla v Teplárně Přerov realizovat linka k výrobě TAP k jejich následnému spalování spolu s biomasou. Jelikož se při MBÚ z hromadného SKO odseparuje velká část recyklovatelných surovin, tak projekt podporují i ekologické organizace, které odmítaly původní plán klasické spalovny. Zařízení na výrobu paliva z odpadů připravuje společnost Veolia Energie ČR a mělo by fungovat od roku 2022. [98] [99] [100]

Naopak neúspěšné projekty proběhly například v Karviné či v Opatovicích nad Labem, kde proti nim proběhla řada protestů. I v Jihlavě pravděpodobně padl plánovaný projekt ZEVO kvůli neustálému odkládání nového zákona o odpadech. Zde se však uvažuje o vyvážení TAP do Rakouska nebo Německa. [18] [71]

## 8 ZEVO ve světě

Důležitým prvkem při integraci ZEVO do prostředí je design. Při vhodně zvoleném vzhledu účelové stavby, může takové zařízení někdy, spíše nežli terčem negativních reakcí, turistickým cílem.

Jako příklad může posloužit jedna ze tří vídeňských spaloven ve čtvrti Spittelau s roční kapacitou 250 tisíc tun SKO. Stavba rakouského architekta a umělce Friedricha Hundertwassera, plná nejrůznějších kontrastů a rostlin s dominantou zlaté kopule komínu, má symbolizovat fungující symbiózu mezi technikou, uměním a ekologií. V umělcově duchu bylo zhotoveno i ZEVO Maishima v japonské Ósace. [101] [102]



*Obrázek 8.1 ZEVO Spittelau, Vídeň [103]*



*Obrázek 8.2 ZEVO Maishima, Ósaka [104]*

Jen ve zmíněném Japonsku je zařízení na energetické využití odpadu 749 a mohou se zde pyšnit vyjmečným vzhledem i dalších spaloven KO. Za zmínku stojí krom ósackého

zařízení i ZEVO v tokijské čtvrti Minato. V Tokiu je s populací nad 30 milionů obyvatel 19 ZEVO. [105]



*Obrázek 8.3 ZEVO Minato, Tokio [106]*

Jedinečný projekt spalovny realizuje dánská Kodaň, která nahradí stávající zařízení, a která bude na střeše disponovat sjezdovkou pro lyžaře a dalšími rekreačními aktivitami. Spalovna Amager Bakke má být zároveň jedním z nejekologičtějších zařízení tohoto typu na světě. [107]

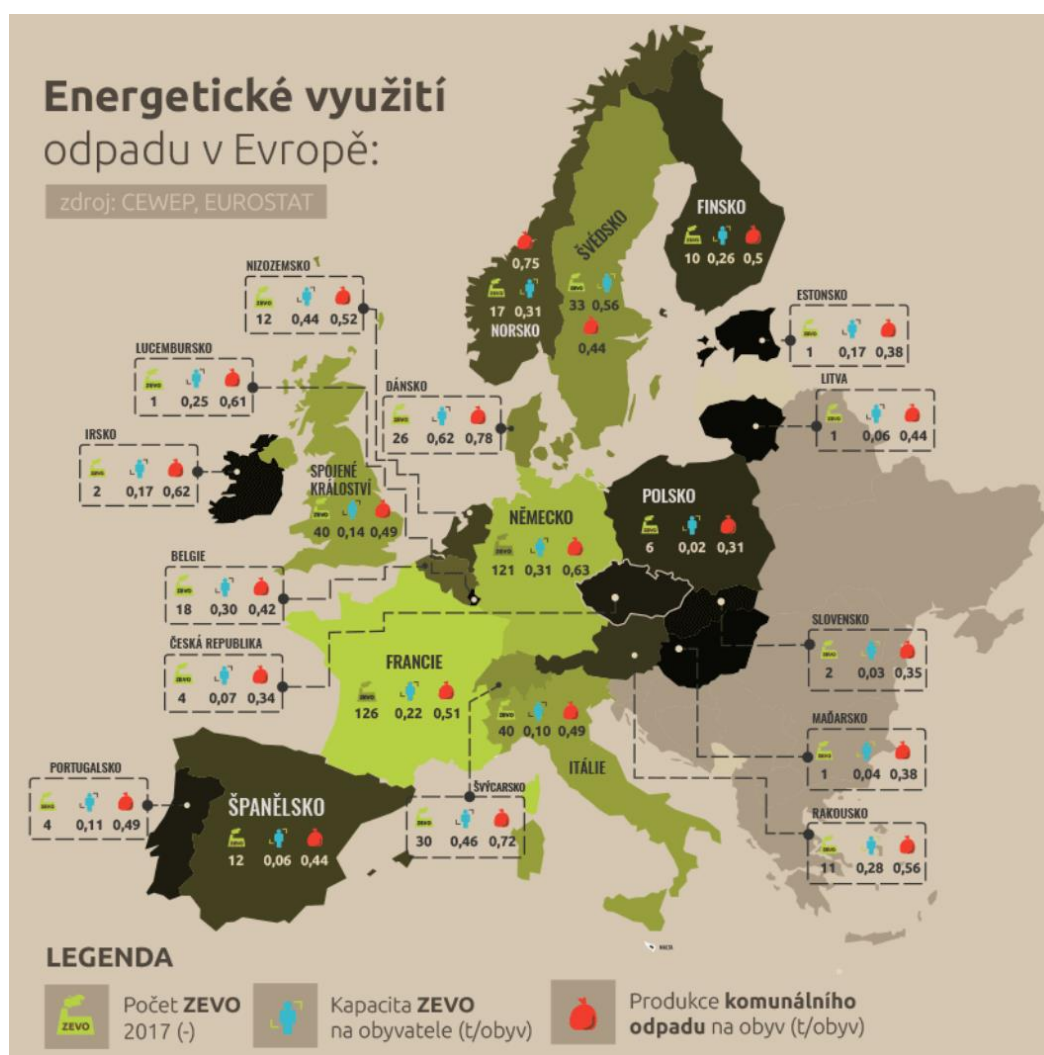


*Obrázek 8.4 ZEVO Amager Bakke, Kodaň [108]*

V Evropě bylo k roku 2017 podle evropského svazu CEWEP (Confederation of European Waste-to-Energy Plants) v provozu 518 ZEVO s celkovou roční kapacitou 93,6 mil. tun odpadu. Nejvíce zařízení je přitom ve Francii (126) a v Německu (121). Největší roční kapacita ZEVO je v Německu (26 mil. t/rok), následuje Francie (14,7 mil. t/rok) a Spojeném království (9,5 mil. t/rok). [98]



Z mapy na *obrázku 8.5* pak lze vyčíst, že v poměru kapacity ZEVO na obyvatele dominuje Dánsko (0,62 t/obyvatele), dále pak Švédsko (0,56 t/obyvatele), Švýcarsko (0,46 t/obyvatele) a Nizozemsko (0,44 t/obyvatele). Švédsko vyniká i v další statistice, kapacita ZEVO na obyvatele totiž jako v jediné zjišťované zemi převyšuje produkci KO (0,44 mil. t/rok). Vzhledem k této situaci je země nucena k dovozu značné části odpadů jako paliva ze zahraničí. Podle některých úvah je to však racionálně-ekonomický přístupem, daný vysokým zdaněním fosilních paliv [98] [109]. Předimenzování kapacit je každopádně chápáno jako jedno z rizik při budování ZEVO, jako dlouhodobé investice. Riziko nedostatku paliva při předimenzovaných kapacitách. K tomu dochází i v dalších zemích západní Evropy, kdy se např. italské odpadky dovážejí až do Vídně. [98] [110]



Obrázek 8.5 Infografika energetického využití odpadů v Evropě [98]

## **Závěr**

Odpad jako palivo je velmi variabilní, jak materiálovým, tak prvkovým složením. Při jeho energetickém využívání je nejsledovanějším parametrem výhřevnost, která má hodnotu okolo 8–12 MJ/kg, a na tu má výrazný vliv vlhkost (15–40 %) a popelnatost (20–35 %) odpadu. Výhřevnost dále klesá při ochuzení o materiály jako jsou papír a plast recyklací. Naopak stoupá separací inertních materiálů (sklo, popel, kovy). Zmíněné vlastnosti významně závisí na původu svozu odpadu, ale i na období, kdy je svážen. Rozdíly SKO lze sledovat na sídlištích, v lokalitách příměstského typu (rodinné domy) a v menších obcích. Hodnota výhřevnosti v sídlištní zástavbě se pak pohybuje okolo 10 MJ/kg (větší množství spalitelných odpadů) a ve venkovské zástavbě okolo 7 MJ/kg (vyšší obsah popele).

V zařízeních na energetické využití odpadů – ZEVO, kde je odpad nejčastěji energeticky zpracováván, se jako palivo využívají vesměs komunální odpady, zejména směsné, zpracované objemné odpady a výměty z recyklační linky. Pro kontinuální proces spalování je nutné odpad homogenizovat a navrhnout spalovací komoru s ohledem na vysoký podíl prchavé hořlaviny. Nezbytnou součástí je i návrh škvárového hospodářství a systému čištění spalin. Výsledkem celého procesu je zisk páry k výrobě tepla a elektřiny, produkce tuhého zbytku po spalování – škváry, vhodné ke stavebním účelům, a nízké emise díky důkladnému, avšak nákladnému systému čištění spalin. Ačkoliv je výsledkem procesu v ZEVO čistá energie, existuje riziko, že v případě havárie zařízení, by se do ovzduší dostaly nebezpečné látky (dioxiny, kyselé složky, těžké kovy, perzistentní polutanty...), což by mělo nepříznivý dopad na životní prostředí a lidské zdraví. Provozování ZEVO je nezbytným krokem k omezení skládek, jako původců methanu, nemocí a celkově neefektivního odstraňování potenciálně materiálově a energeticky využitelných materiálů. Nesmí se však v souladu s hierarchií nakládání s odpady konkurovat recyklaci a prevenci jeho vzniku.

V bilanční části se projevuje rozdílné vyhodnocování údajů týkajících se produkce, odstraňování a nakládání s odpady v ČR. Zásadní rozdíl spočívá ve dvojím vykazování údajů o odpadech od ministerstva životního prostředí (MŽP) a Českého statistického úřadu (ČSÚ), jejichž data mohou např. environmentální organizace nebo odpadoví hospodáři prezentovat podle svých aktuálních potřeb. Rozdílnost spočívá v metodikách statistického zjišťování a započítávání různých druhů odpadu. Problém spočívá zejména v duplicitnímu započítávání (např. při výkupu odpadů) a v nahlížení na komunální odpad, respektive započítávání odpadu podobného komunálnímu (u MŽP). Oproti MŽP, které sbírá data dle interních směrnic resortu, využívá ČSÚ statistické metodiky Eurostatu, a ten proto následně pracuje právě s daty statistického úřadu.

Podle ČSÚ bylo v ČR k roku 2016 vyprodukováno 25,8 milionu tun odpadů, z toho 21,8 milionu podnikových a 3,6 milionu komunálních odpadů. Na jednoho občana připadlo 339 kg KO, z toho 49 kg vytríděných odpadů. Oproti tomu MŽP udává roční produkci odpadů 34,2 milionu tun a 531 kg komunálního odpadu na obyvatele. Produkce odpadů se odvíjí zejména dle ekonomické situace v zemi a výše životní úrovně. Propady v produkci se projevují např. v době ekonomické krize. V celkovém nákladu s komunálními odpady v ČR činilo dle ČSÚ skládkování 50 %, spalování 16 %, recyklace 27 % a kompostování 7 %. V důsledku snahy omezovat nežádoucích účinků skládky a potenciálně materiálově anebo energeticky vy-

užívat odpady, poměr skládkování dlouhodobě klesá a nejspíš dále bude. Míra recyklace a kompostování oproti tomu roste a ani zde nelze předpokládat změny v trendu. Poměr energetického využívání pak závisí na předešlých způsobech nakládání s komunálními odpady, množství výhřevných materiálů na trhu a na tom, jak budou probíhat realizace budoucích ZEVO. Výrazné změny při nakládání s KO lze podle Plánu odpadového hospodářství ČR očekávat kolem roku 2024, kdy se má zakázat skládkování materiálů a energeticky využitelných frakcí. V Evropě by měla nastat výrazná změna kolem roku 2035, kdy se má docílit 65% recyklace odpadů, 25% energetického využití a 10% skládkování. V Česku vše závisí na dlouho vyhlášené novele zákona o odpadech, která nahradí současný zákon č. 185/2001 Sb.

V ČR jsou v současnosti čtyři ZEVO (Brno, Praha, Liberec, Plzeň) s roční kapacitou okolo 750 tisíc tun, přičemž zde bylo v roce 2016 energeticky využito 671 019 tun komunálního odpadu. Aby byl splněn cíl POH ČR k energetickému využívání 1,4 milionu tun odpadů za rok, je stavba nových ZEVO nezbytným krokem. Výstavby nových ZEVO brzdí nepříznivá legislativa a s ní spojený nezájem investorů budovat tak drahá zařízení bez finanční a právní opory. Další problémy vznikají při protestech některých skupin obyvatel. Současné tendence zároveň spějí k možnému nahrazování hnědouhelných zdrojů tepla právě spalovnami na směsný komunální odpad.

Do budoucna je možné rozšířit poznatky v dalších oblastech energetického využití odpadů, například pyrolýzy a zplyňování. Avšak právě spalování komunálních odpadů v ZEVO je z hlediska masového zpracování stále nejefektivnějším, nejvýhodnějším a nejšetrnějším způsobem.



## Seznam použitých zdrojů

- [1] *Zákon č. 185/2001 Sb.: Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů*. In: . ročník 2001, číslo 185. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>.
- [2] *Plán odpadového hospodářství ČR. Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/plan\\_odpadoveho\\_hospodarstvi\\_cr](https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr)
- [3] *Odpadové hospodářství. Ministerstvo životního prostředí* [online]. c2008-2018 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/odpadove\\_hospodarstvi](https://www.mzp.cz/cz/odpadove_hospodarstvi)
- [4] *Nový zákon o odpadech přinese zásadní změny. EuroZprávy.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-03-07]. Dostupné z: <http://domaci.eurozpravy.cz/politika/168162-novy-zakon-o-odpadech-prinese-zasadni-zmeny/>
- [5] DRÁBOVÁ, Dana a Václav PAČES. *Perspektivy české energetiky: Současnost a budoucnost*. NOVELA BOHEMICA, 2014. ISBN 978-80-87683-26-2.
- [6] VRBOVÁ, Martina. *Co je to komunální odpad. Profi Press s. r. o.* [online]. 9. 7. 2010 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/co-je-to-komunalni-odpad/>
- [7] *Nebezpečný odpad. SAKO BRNO a.s.* [online]. 2013 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/698/nebezpecny-odpad/>
- [8] *Vyhláška č. 93/2016 Sb.: Vyhláška o Katalogu odpadů*. In: . ročník 2016, číslo 93. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-93#prilohy>.
- [9] *Katalog odpadů a nová kategorie N/O. INISOFT s.r.o* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.inisoft.cz/poradenstvi-a-skoleni/odborne-clanky/katalog-odpadu-s-no>
- [10] TCHOBANOGLIOUS, George, Hilary THEISEN a Samuel A. VIGIL. *Integrated solid waste management: engineering principles and management issues*. New York: McGraw-Hill, 1993. ISBN 00-706-3237-5.
- [11] *Prevence vzniku odpadů: Úvod. Arnika* [online]. c2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://pvo.arnika.org/>
- [12] *Opětovné použití. Arnika* [online]. c2018 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://pvo.arnika.org/opetovne-pouziti>
- [13] SUZOVÁ, Jana. *Odpady a obce 2017: Fyzikálně-chemické vlastnosti směsných komunálních odpadů*. In: *EKO-KOM, a.s.* [online]. 14.-15.6.2017 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: [http://www.ekokom.cz/uploads/attachments/OD/SBORN%C3%8DK%2017\\_20170619.pdf](http://www.ekokom.cz/uploads/attachments/OD/SBORN%C3%8DK%2017_20170619.pdf)
- [14] YU, Katrina a Martina JANDUSOVÁ. *Povzbudí v Číně zákaz importu odpadů recyklační průmysl? Průmyslová ekologie s.r.o.* [online]. 09.02.2018 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/103429/povzbudi-v-cine-zakaz-importu-odpadu-recyklacni-prumysl.aspx>
- [15] *Evropští ministři: Nová strategie pro plasty bude přínosem, pokud budeme provádět konkrétní opatření. Průmyslová ekologie s.r.o.* [online]. 05.03.2018 [cit. 2018-04-25].

- Dostupné z: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/103540/evropsti-ministri-nova-strategie-pro-plasty-bude-prinosem-pokud-budeme-provadet-konkretni-opatreni.aspx>
- [16] Waste to energy. *NETME CENTRE* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://netme.cz/cs/waste-to-energy/>
- [17] Spalovny. *Hnutí DUHA* [online]. c2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.hnutiduha.cz/nase-prace/odpady/temata/spalovny>
- [18] KRÁLOVÁ, Táňa. Ministr Brabec chce čtyřnásobně zdrazit poplatky za uložení odpadu na skládku. Podle kritiků tak nahrává ČEZ nebo EPH, které plánují stavět spalovny. *Hospodářské Noviny* [online]. 14. 3. 2018 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [https://archiv.ihned.cz/c1-66077830-v-cesku-se-hraje-o-budoucnost-nakladani-s-odpady-s-koncem-skladek-citi-sanci-investori-do-spaloven-nahrati-jim-chce-i-ministr-brabec?utm\\_source=ihned&utm\\_medium=otvirak&utm\\_content=id-66077830](https://archiv.ihned.cz/c1-66077830-v-cesku-se-hraje-o-budoucnost-nakladani-s-odpady-s-koncem-skladek-citi-sanci-investori-do-spaloven-nahrati-jim-chce-i-ministr-brabec?utm_source=ihned&utm_medium=otvirak&utm_content=id-66077830)
- [19] Desatero moderního odpadového hospodářství. *Česká asociace odpadového hospodářství* [online]. 24.01.2018 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://www.caoh.cz/odborne-clanky-a-aktuality/desatero-moderniho-odpadoveho-hospodarstvi.html>
- [20] MŽP reaguje na dopis ČAOH. *Průmyslová ekologie s.r.o.* [online]. 08.02.2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/103419/mzp-reaguje-na-dopis-caoh.aspx>
- [21] Co je ZEVO. *ČEZ, a. s.* [online]. c2018 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html>
- [22] BALÁŠ, Marek, Zdeněk SKÁLA a Martin LISÝ. Spalovny odpadu – odpad jako palivo. *TZB-info* [online]. 27.10.2014 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/nakladani-s-odpady/11897-spalovny-odpadu-odpad-jako-palivo>
- [23] MOHRMANN, Pavel. ZEVO TOUR 2017 - Brněnské ZEVO. *Průmyslová ekologie s.r.o.* [online]. 27.04.2017 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/102144/zevo-tour-2017-brnenske-zevo.aspx>
- [24] BALÁŠ, Marek. *Kotle a výměníky tepla*. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4770-7.
- [25] HRDLÍČKA, František a Jan OPATŘIL. Odborné posouzení možností spalování odpadu o velmi nízké výhrevnosti. *Česká asociace odpadového hospodářství* [online]. ČVUT v Praze, 5/2016 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.caoh.cz/odborne-clanky-a-aktuality/odborny-posudek-ustavu-energetiky-cvut-k-vyhrevnosti-odpadu.html>
- [26] ZEVO Mělník. *ČEZ, a. s.* [online]. c2018 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/zevo-melnik.html>
- [27] NOVÁK, Jan. Výhrevnosti paliv. *TZB-info* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vytapieni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypoety/11-vyhrevnosti-paliv>
- [28] KOTOULOVÁ, Zdenka. Z čeho se skládá domovní odpad?. *TOPINFO S.R.O.* [online]. 28. 1. 2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2836.z-cho-se-sklada-domovni-odpad>

- [29] BALÁŠ, Marek, Martin LISÝ a Jiří MOSKALÍK. Kotle – 2. část. *TZB-info* [online]. 2.4.2012 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/8438-kotle-2-cast>
- [30] Označování nebezpečných látek. *Portál krizového řízení JmK*. [online]. 2018 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/ohrozeni/oznacovani-nebezpecnych-latek>
- [31] Globálně harmonizovaný systém (GHS) klasifikace a označování chemikálií. *Vítejte na Zemi...* [online]. 2013 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=globalne\\_harmonizovany\\_system\\_klasifikace&site=spotreba](http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=globalne_harmonizovany_system_klasifikace&site=spotreba)
- [32] SAKO vzdělávací video pro veřejnost. *Youtube* [online]. 2014 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=kN7qPzcWIE0>
- [33] Spalovny a jejich havárie v Evropě. *Arnika* [online]. c2014 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://arnika.org/mapa-havarii-spaloven>
- [34] Technologický proces. *SAKO Brno, a.s.* [online]. Brno, c2013 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/62/technologicky-proces>
- [35] Popis technologie. *TERMIZO, a.s.* [online]. c2010-2018 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://tmz.mvv.cz/technologie/technologie/>
- [36] Spalovna odpadu v Brně: Brožura spalovna. *SAKO Brno, a.s.* [online]. c2013 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/materialy-ke-stazeni/cz/>
- [37] Energetické využívání odpadů. *Pražské služby a.s.* [online]. c2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.psas.cz/index.cfm/sluzby-firmam/zarizeni-pro-energeticke-vyuzivani-odpadu/energeticke-vyuzivani-odpadc5af/>
- [38] Pyrolýza odpadů – moderní způsob jejich zneškodnění. *Enviweb s.r.o.* [online]. 05.03.2013 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/94618>
- [39] ANDĚL, Matouš. *Pyrolytické zpracování odpadů*. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav procesní a zpracovatelské techniky. Vedoucí práce Ing. Lukáš Krátký, Ph.D.
- [40] Co je zplyňování a pyrolýza. *ČESKÁ ASOCIACE PRO PYROLÝZU A ZPLYŇOVÁNÍ, z.s.* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.cpga.cz/#cojezplynovani>
- [41] Thermoselect – princip procesu. In: *Odpad je energ!e* [online]. c2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.odpadjeenergie.cz/mbu-a-jine/pyrolyza-a-plazma/thermoselect-schema>
- [42] FILIP, Marek. *Aplikace účinných aparátů pro čištění spalin v reálných technologických linkách*. Brno, 2009. Disertační práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Ladislav BĚBAR, CSc.
- [43] DVOŘÁČEK, Tomáš. Rozvoj výstavby linek mechanicko-biologické úpravy komunálních odpadů v České republice. *Biom.cz* [online]. 28.10.2009 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/rozvoj-vystavby-linek-mechanicko-biologicke-upravy-komunalnich-odpadu-v-ceske-republice>
- [44] Odpadové fórum: Výroba paliv ze směsných komunálních odpadů. *Odpadové fórum: Odborný měsíčník pro průmyslovou a komunální technologii* [online]. 4/2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/cz/stranka/archiv/rocnik-2015/4-2015/269/>

- [45] HRADISKÝ, David. TAP – tuhé alternativní palivo. *MB-eko.cz* [online]. c2010-2018, 07.02. 2013 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.mb-eko.cz/hlavni/aktualita/tap-tuhe-alternativni-palivo>
- [46] Informace k riziku navýšení nákladů za odpadové hospodářství obcí a měst: Reakce na dopis České asociace odpadového hospodářství (ČAOH), Spolku veřejně prospěšných služeb (SVPS) a Sdružení komunálních služeb (SKS) – „Informace k riziku navýšení nákladů za odpadové hospodářství obcí a měst“. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/riziko\\_navyseni\\_nakladu\\_odpadove\\_hospodarstvi](https://www.mzp.cz/cz/riziko_navyseni_nakladu_odpadove_hospodarstvi)
- [47] TAP – TUHÉ ALTERNATIVNÍ PALIVO. *Lemonta* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.lemonta.cz/kategorie/tap-tuhe-alternativni-palivo/>
- [48] Odpady v číslech. *Arnika* [online]. 3.11.2017 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://arnika.org/odpady-v-cislech>
- [49] Pro města a obce. *Arnika* [online]. c2014 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://arnika.org/pro-mesta-a-obce>
- [50] Ministerstvo vysvětluje své metody sběru dat. *Profi Press s. r. o.: Odpady* [online]. 11.3.2015 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/ministerstvo-vysvetluje-sve-metody-sberu-dat/>
- [51] Klasifikace ekonomických činností (CZ-NACE). *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/klasifikace\\_ekonomickych\\_cinnosti\\_cz\\_nace](https://www.czso.cz/csu/czso/klasifikace_ekonomickych_cinnosti_cz_nace)
- [52] Evropskou statistiku o odpadech tvoří ČSÚ. *Český statistický úřad* [online]. 20. listopadu 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/evropskou-statistiku-o-odpadech-tvori-csu>
- [53] Produkce odpadů v krajích České republiky. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2009–2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/produkce\\_odpadu\\_v\\_cr](https://www.mzp.cz/cz/produkce_odpadu_v_cr)
- [54] Produkce, využití a odstranění odpadů - 2016. *Český statistický úřad* [online]. 1.11.2017 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu>
- [55] Odp 5-01 Roční výkaz o odpadech a druhotných surovinách: Příloha č. 1 k vyhlášce č. 355/2016 Sb. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/vykazy/odp-5-01\\_psz\\_2017](https://www.czso.cz/csu/vykazy/odp-5-01_psz_2017)
- [56] Profil organizace. *CENIA, česká informační agentura životního prostředí* [online]. c2012 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/o-cenia/profil-organizace>
- [57] Roční hlášení o produkci a nakládání s odpady a systém ISPOP!. *INISOFT s.r.o.* [online]. c2012 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.inisoft.cz/poradenstvi-a-skoleni/odborne-clanky/rocní-hlasení-a-system-ispop>
- [58] Vyhodnocení plnění Politiky druhotných surovin České republiky za období 2014 až 2016: NÁVRH ÚPRAV STATISTICKÉHO ZJIŠŤOVÁNÍ. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2016 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/2016/12/Priloha-12\\_Navrh-uprav-statistickeho-zjistovani.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/2016/12/Priloha-12_Navrh-uprav-statistickeho-zjistovani.pdf)
- [59] Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin – v roce 2016. *Český statistický úřad* [online]. 01.11.2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z:

- <https://www.czso.cz/csu/czso/cris/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-a-produkce-druhotnych-surovin-v-roce-2016>
- [60] Odbor 32400. Statistika energetického využívání odpadů a alternativních paliv 1989–2016. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 30.5.2017 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/statistika-energetickeho-vyuzivani-odpadu-a-alternativnich-paliv-1989\\_2016--228984/](https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/statistika-energetickeho-vyuzivani-odpadu-a-alternativnich-paliv-1989_2016--228984/)
- [61] ROZHODNUTÍ KOMISE. *EUR-Lex* [online]. 18. listopadu 2011 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1524217543814&uri=CELEX:32011D0753>
- [62] Výroční zpráva – 2016. *SAKO BRNO a.s.* [online]. 2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/vyrocní-zpravy/cz/>
- [63] Roční zpráva o provozu 2016. *TERMIZO, a.s.* [online]. 2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://tmz.mvv.cz/technologie/roční-zpravy-o-provozu/>
- [64] Roční zpráva o provozu 2017. *TERMIZO, a.s.* [online]. 2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://tmz.mvv.cz/technologie/roční-zpravy-o-provozu/>
- [65] Počet obyvatel v obcích – k 1.1.2017. *Český statistický úřad* [online]. 28.04.2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112017>
- [66] Odbor 31400. Panorama zpracovatelského průmyslu ČR 2016. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 9.10.2017 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/panorama-zpracovatelskeho-prumyslu/panorama-zpracovatelskeho-prumyslu-cr-2016--232399/>
- [67] Statistika odpadů. *Eurostat* [online]. 5/2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics/cs](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics/cs)
- [68] Municipal waste statistics. *Eurostat* [online]. 4/2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics)
- [69] Municipal waste treatment in 2016: EU 28 + Switzerland, Norway and Iceland. In: *EVN Abfallverwertung Niederösterreich GmbH* [online]. 2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.evn-abfallverwertung.at/Download/Abfall/Projekte/Graph-3-treatments.aspx>
- [70] ZEVO Brno se chystá se rok 2024. *SAKO Brno, a.s.* [online]. c2013 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/745/zevo-brno-se-chysta-na-rok-2024/>
- [71] MOLEK, Tomáš. Česku hrozí nedostatek kapacit pro energetické využití odpadu. *OENERGETICE.CZ* [online]. 5.4.2016 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/energetika-v-cr/cesku-hrozi-nedostatek-kapacit-pro-energeticke-vyuziti-odpadu/>
- [72] HOLÍNEK, Tomáš. Zařízení pro energetické využití odpadu (spalovny). *OENERGETICE.CZ* [online]. 5. 8. 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/zarizeni-pro-energeticke-vyuziti-odpadu-spalovny/>
- [73] Nejlepší dostupné techniky (BAT). *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 4.1.2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/prumysl-a-zivotni-prostredi/ippc-integrovana-prevence-a-omezovani-znecisteni/referencni-dokumenty-bref/nejlepsi-dostupne-techniky-bat--224368/>
- [74] Historie spalování. *SAKO BRNO a.s.* [online]. c2013 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/142/historie-spalovani/>

- [75] Projekt rekonstrukce spalovny komunálních odpadů SAKO Brno. *Kranimex, spol.s.r.o.* [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://www.kranimex.cz/projekt-rekonstrukce-spalovny-komunalnich-odpadu-SAKO-Brno>
- [76] OPLETAL, Petr. Spalovna Brno. In: *Wikimedia Commons* [online]. 8.5.2013 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spalovna\\_wiki.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spalovna_wiki.jpg)
- [77] Historický vývoj a statistika energetického využívání odpadů: Část I. - Spalovny tuhého komunálního odpadu. *Tretiruka.cz* [online]. c2013 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/historicky-vyvoj-a-statistika-energetickeho-vyuzivani-odpadu-cast-i-spalovny-tuheho-komunalniho-odpadu/>
- [78] Průmyslová parní turbína pro spalovnu v pražských Malešicích. *Siemens, s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: [https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/reference/pages/prumyslova\\_parni\\_turbina\\_malesice.aspx](https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/reference/pages/prumyslova_parni_turbina_malesice.aspx)
- [79] Malešické spalovně odpadů dominuje jeden z největších komínů v ČR. *SIEGL s.r.o.* [online]. 22.04.2016 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.siegl.cz/blog/zajimavosti/spalovna-malesice>
- [80] JONÁŠOVÁ, Soňa a Štěpán VAŠKEVIČ. Institut Cirkulární Ekonomiky, z.ú.: Kdo ohřívá vodu Pražanům? ZEVO Malešice optikou cirkulární ekonomiky. *Ekolist.cz* [online]. 3.11.2017 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/tiskove-zpravy/kdo-ohriva-vodu-prazanum-zevo-malesice-optikou-cirkularni-ekonomiky>
- [81] Výroční zpráva 2016. *Pražské služby a.s.* [online]. 28.04.2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.psas.cz/index.cfm/info-pro-akcionare/2017/>
- [82] PRAŽSKÉ SLUŽBY. Modernizovaná pražská spalovna sníží emise a jejich dopad na životní prostředí. *Průmyslová ekologie s.r.o.* [online]. 07.12.2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/103202/modernizovana-prazska-spalovna-snizi-emise-a-jejich-dopad-na-zivotni-prostredi.aspx>
- [83] CULEK, Pavel. Fotografie. In: *Wikimedia Commons* [online]. 2.4.2011 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spalovna\\_Male%C5%A1ice.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spalovna_Male%C5%A1ice.jpg)
- [84] Historie. *TERMIZO, a.s.* [online]. c2010-2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://tmz.mvv.cz/o-spolecnosti/historie-a-soucasnost/>
- [85] Základní technické informace. *TERMIZO, a.s.* [online]. c2010-2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://tmz.mvv.cz/technologie/zakladni-technicke-informace/>
- [86] VRABEC, Jan. Cena tepla v Liberci může být 550 Kč/GJ. In: *STATUTÁRNÍ MĚSTO LIBEREC* [online]. 16.02.2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.liberec.cz/cz/obcan/urad/odbory-magistratu/odbor-strategickeho-rozvoje-dotaci/aktuality/cena-tepla-vliberci-muze-byt-550-kc-gj.html>
- [87] MORAVEC, Jan. ZEVO Chotíkov – trnitá cesta moderní spalovny odpadů. *OENERGETICE.CZ* [online]. 18.09.2016 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/zevo-chotikov-trnita-cesta-moderni-spalovny-odpadu/>
- [88] O nás. *Plzeňská teplárenská a.s. - ZEVO Plzeň* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.zevoplzen.cz/o-nas>
- [89] Výroční zpráva 2016. *Plzeňská teplárenská, a.s.* [online]. c2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.pltep.cz/vyrocní-zpráva-2016/>

- [90] Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2016. *Energetický regulační úřad* [online]. c2014-2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/elektrina/statistika-a-sledovani-kvality/rocn-zpravy-o-provozu>
- [91] Fotografie. In: *Plzeňská teplárenská a.s. - ZEVO Plzeň* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.zevoplzen.cz/fotografie>
- [92] ČTK. Ať se nejdřív staví obchvaty, pak ZEVO, shodly se obce na Mělnicku. *OENERGETICE.CZ* [online]. 09.03.2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/at-se-nejdrev-stavi-obchvaty-pak-zevo-shodly-se-obce-na-melnicku/>
- [93] *EVO Komořany, a.s.* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.evokomorany.cz/>
- [94] Spalovna v Komořanech u Mostu. *Arnika* [online]. 2.8.2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://arnika.org/spalovna-v-komoranech-u-mostu>
- [95] Projekt EVO Komořany. *Obec Strupčice* [online]. 30. 6. 2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.obec-strupcice.cz/obecni-urad-1/uredni-deska/projekt-evo-komorany-12509.html?kshowback>
- [96] Spalovna odpadů u Mostu. Co vadí kritikům a co na to říkají energetici?. *VLTAVA LABE MEDIA a.s.: deník.cz* [online]. 31.8.2016 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/spalovna-odpadu-u-mostu-co-vadi-kritikum-a-co-na-to-rikaji-energetici-20160831.html>
- [97] O projektu. *TEREA Cheb s.r.o.* [online]. c2013-2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.zevo-cheb.cz/index.php/o-projektu/o-projektu>
- [98] Infografika: Odpad jako zdroj energie. Jak je využíván v ČR a Evropě?. *OENERGETICE.CZ* [online]. 5.4.2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/zivotni-prostredi/infografika-energeticke-vyuziti-odpadu-evrope-ceske-republice/>
- [99] ČTK. Přerov bude získávat teplo efektivním spalováním komunálního odpadu. *OENERGETICE.CZ* [online]. 21.2.2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/prerov-bude-ziskavat-teplo-efektivnim-spalovanim-komunalniho-odpadu/>
- [100] KLIMKOVÁ, Petra. Přerov bude získávat teplo efektivním spalováním komunálního odpadu. *IDNES.cz* [online]. 23.2.2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: [https://olomouc.idnes.cz/prerov-teplarna-teplo-spalovani-odpadku-zakaz-skladkovani-pos-olomouc-zpravy.aspx?c=A180222\\_384773\\_olomouc-zpravy\\_stk](https://olomouc.idnes.cz/prerov-teplarna-teplo-spalovani-odpadku-zakaz-skladkovani-pos-olomouc-zpravy.aspx?c=A180222_384773_olomouc-zpravy_stk)
- [101] Teplárna ve Spittelau. *MěstaSvěta.cz* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.mestasveta.cz/viden/zajimava-mista/teplarna-ve-spittelau>
- [102] TŮMA, Jan. Vídeňská spalovna nepohoršuje, naopak přitahuje turisty. *Třipól – časopis pro studenty* [online]. 23.3.2017 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.3pol.cz/cz/rubriky/fyzika-a-klasicka-energetika/1995-videnska-spalovna-nepohorsuje-naopak-pritahuje-turisty>
- [103] AUSTRIAN AVIATION ART. Ferwärme Wien – Müllverbrennung Spittelau. *Mapio.net* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://mapio.net/pic/p-23154903/>



- [104] Maishima Sludge Center, Osaka. *Fantastic places in cool Japan: by diversity-finder.net* [online]. c2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://diversity-finder.net/tourism/maishima-sludge-center-osaka>
- [105] Japan Industrial Map. *IndustryAbout.com: World Industrial Information* [online]. c2016 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.industryabout.com/japan-industrial-map>
- [106] GMBH, Martin. Bleak forecast for European waste to energy plant market. *EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH* [online]. 29.1.2014 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.euwid-recycling.com/news/business/single/Artikel/bleak-forecast-for-european-waste-to-energy-plant-market.html>
- [107] ZILVAR, Jiří. Když je dominantou hlavního města spalovna.... *TZB-info* [online]. 24.10.2017 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/nakladani-s-odpady/16458-kdyz-je-dominantou-hlavniho-mesta-spalovna>
- [108] BJARKE INGELS GROUP. Rooftop ski slope to be built on super-green power plant in Copenhagen. *Telegraph Media Group* [online]. 17.11.2016 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.telegraph.co.uk/travel/ski/news/new-artificial-ski-slope-to-open-on-roof-of-copenhagen-power-plant/>
- [109] ZEVO v zahraničí. *ČEZ, a. s.* [online]. c2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/zevo-v-zahranici.html>
- [110] DAH. Dlouhá cesta italských odpadků: rakouská spalovna inkasuje miliardy. *Mladá fronta a. s.: euro* [online]. 28.4.2017 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/dlouha-cesta-italskych-odpadku-rakouska-spalovna-inkasuje-miliardy-1344548>

## Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
POH ČR	Plán odpadového hospodářství České Republiky
KO	Komunální odpad
SKO	Směsný komunální odpad
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
EVO	Energetické využití odpadů
ZEVO	Zařízení na energetické využití odpadů
CZT	Centrální zdroj tepla
$Q_i^f$	Výhřevnost paliva
$Q_s$	Spálené teplo
$W^r$	Poměr vlhkosti v palivu
$A^d$	Poměr popelovin v sušině
ČVUT	České vysoké učení technické
GHS	Globálně harmonizovaný systém klasifikace označování chemikálií
BAT	Nejlepší dostupná technika
BREF	Referenční dokumenty pro spalování odpadů
SNCR	Selektivní nekatalytická redukce
SCR	Selektivní katalytická redukce
MBÚ	Mechanicko-biologická úprava
TAP	Tuhé alternativní palivo
SRF	Soil recovered fuel
RDF	Refuse derived fuel
NP	Nápojový karton
OO	Ostatní odpad
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
ČSÚ	Český statistický úřad
ISOH	Informační systém odpadového hospodářství

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
ISPOP	Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností
Eurostat	Statistický úřad Evropské unie
KVET	Kombinovaná výroba tepla a elektřiny
SAKO	Spalovna a komunální odpady
CEWEP	Confederation of European Waste-to-Energy Plants